Untersuchungen über die Bodentierwelt eines Rieselfeldes

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Freien Universität Berlin 1964

vorgelegt von
Horst Kowalsky
aus Berlin

1. Referent: Prof. Dr. Kemper

2. Referent: Prof. Dr. Peus

Tage der mündlichen Prüfung: 9. bis 11. 7. 1963

Tag der Promotion: 29. JULI 1964

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Veröffentlicht in: Zeitschrift für angewandte Zoologie, 1. Heft 1964
Verlag Dunker & Humblot, Berlin

(Aus dem Bundesgesundheitsamt, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Biologische Abteilung, Berlin-Dahlem)

Untersuchungen über die Bodentierwelt eines Rieselfeldes

Von Horst Kowalsky

(Mit 15 Abbildungen)

1. Einleitung

Mit der immer mehr fortschreitenden Intensivierung der Landwirtschaft und der damit verbundenen Ausnutzung jeder nur zur Verfügung stehenden Bodenfläche wurde das Interesse der Zoologen auf die Bedeutung der Bodenfauna gelenkt. Nach den grundlegenden Untersuchungen von Frenzel über die Tierwelt der Wiesenböden (1936) folgten in den nächsten Jahren eine ganze Reihe von bodenzoologischen Arbeiten über die verschiedensten Lebensräume, so die Untersuchungen von Franz (1943, 1953), Gunhold (1957), Gusenleitner (1959) und Leuthold (1961) über Wiesenböden. Weitere Untersuchungen z. B. von Ackerböden liegen von Boness (1958), Tischler (1958) und Stöckli (1952) vor, solche über Waldböden von Forsslund (1943), Schimitschek (1937), Volz (1934) u. a.

Es erschien nun vom bodenzoologischen Standpunkt aus interessant, ein Gebiet zu untersuchen, das extreme Bedingungen an die Bodentierwelt stellt, nämlich die stark unter Wassereinfluß stehenden Parzellen eines Rieselfeldes. Die schon stark überalterten Anlagen in Berlin-Gatow (Carolinenhöhe) sollen durch ein modernes Klärwerk in Berlin Ruhleben ersetzt werden. Es war daher angebracht, vor der Stillegung des Rieselfeldes dort bodenzoologische Untersuchungen durchzuführen. Es liegt in dieser Richtung bis jetzt nur eine Arbeit von Eckert (1951) über atmophytische Algen vor und eine Untersuchung von Franz (1953) über den Einfluß von Kartoffelstärkeabwasser auf bodenbewohnende Milben und Collembolen.

* Herrn Prof. Dr. Heinrich Kemper, meinem hochgeschätzten Lehrer, möchte ich für die Überlassung des Themas, sowie für die Beratung und die ständige Förderung meiner Arbeit herzlich danken. — Dank schulde ich ferner Herrn Dr. Lüdemann für wertvolle Ratschläge und auch dem Bundesgesundheitsamt, das mir in der biologischen Abteilung des Instituts für Wasser-, Boden-, Lufthygiene einen Arbeitsplatz zur Verfügung gestellt hat.

Für die Untersuchungen, die vom März 1960 bis Ende 1961 dauerten, wurden Rieselfeldparzellen ausgesucht, die in unterschiedlichem Maße ungünstige Umweltbedingungen für die Bodentierwelt mit sich bringen:

1. die periodisch das ganze Jahr über mit Klärwasser beschickten Wiesen,
2. die aus anbautechnischen Gründen nur im Herbst und Winter berieselten Äcker und
3. die als typische Rieselfeldeinrichtung bestehenden Schlammtrockenbeete.

An diesen Böden soll gezeigt werden, ob sich hier überhaupt eine Bodenfauna halten kann, wenn ja, welche Gruppen von Bodentieren vorkommen und wie sich diese den extremen äußeren Einflüssen angepaßt haben. Hier war in erster Linie die Einwirkung des Klärwassers auf die Wiesen und Äcker von Interesse bzw. die Abnahme der Nässe der Schlammtrockenbeete und die darauffolgende Umorientierung der Bodentierwelt, sowie eine eventuelle Beteiligung der Bodenfauna an dem Reinigungseffekt der Rieselfelder.

Außerdem sollte ein Vergleich der berieselten mit entsprechenden unberieselten Untersuchungsflächen den Unterschied in der quantitativen und qualitativen Zusammensetzung der Bodentierwelt aufzeigen.

2. Das untersuchte Gelände

a) Klimatische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet gehört der gemäßigten Klimazone an mit allgemein niedrigen Frühjahrs- und Herbst-, aber hohen Sommertemperaturen sowie sommerlichen Niederschlagsmaxima. In den für die Jahre 1960 und 1961 geltenden Kurven (Abb. 1 und 2) fallen hauptsächlich die durchschnittlich zu kühlen Sommermonate auf. Im Jahre 1961 lagen dafür die Frühjahrs- und Herbsttemperaturen beträchtlich über den Werten des langjährigen Jahresmittels.

Die Niederschlagsmengen erreichten meistens nicht die durchschnittlichen Sommerwerte, dafür warteten die Monate Oktober und November 1960 sowie Mai 1961 mit hohen Niederschlägen auf[1].

Abbildung 3 zeigt einen Vergleich der auf den Rieselfeldern gemessenen Lufttemperaturen mit den Bodentemperaturen der untersuchten Parzellen. Die Werte wurden während der Probenentnahme mit einem Bodenthermometer (Bimetall) festgestellt und zeigen, daß sich die Böden im allgemeinen den Außentemperaturen gut angleichen.

[1] Sämtliche Werte für Temperatur und Niederschlag sind den Veröffentlichungen des Meteorologischen Instituts der Freien Universität Berlin entnommen.

Die Temperaturen der Trockenbeete (vor allem der ein- und zweijährigen) liegen im Durchschnitt höher. Hier macht sich erstens die fehlende Pflanzendecke und zweitens eine gewisse Gärungswärme bemerkbar, wie sie von faulenden Stoffen bekannt ist. Das dreijährige Trockenbeet ähnelt in seinem Temperaturverlauf schon mehr den übrigen untersuchten Flächen.

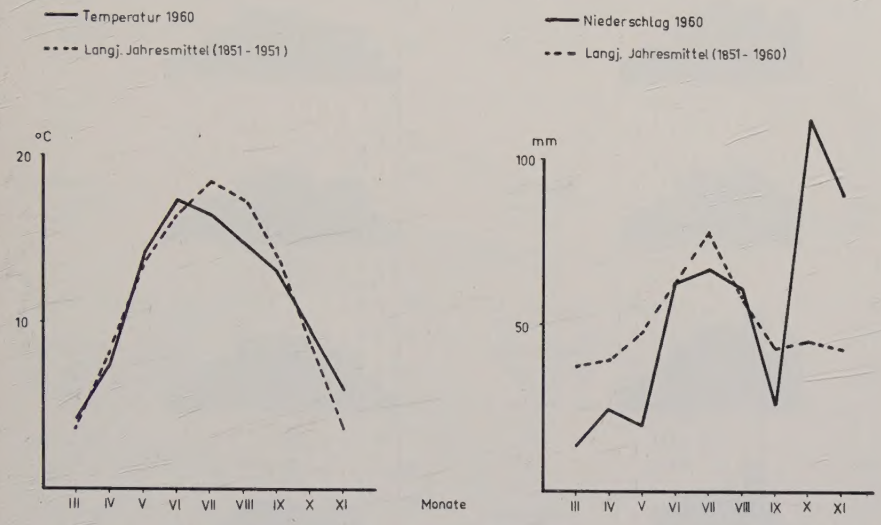

Abbildung 1

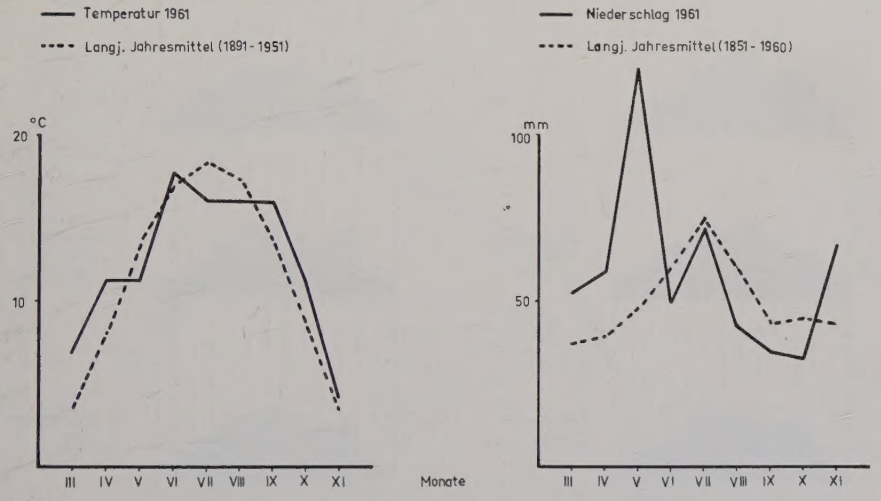

Abbildung 2

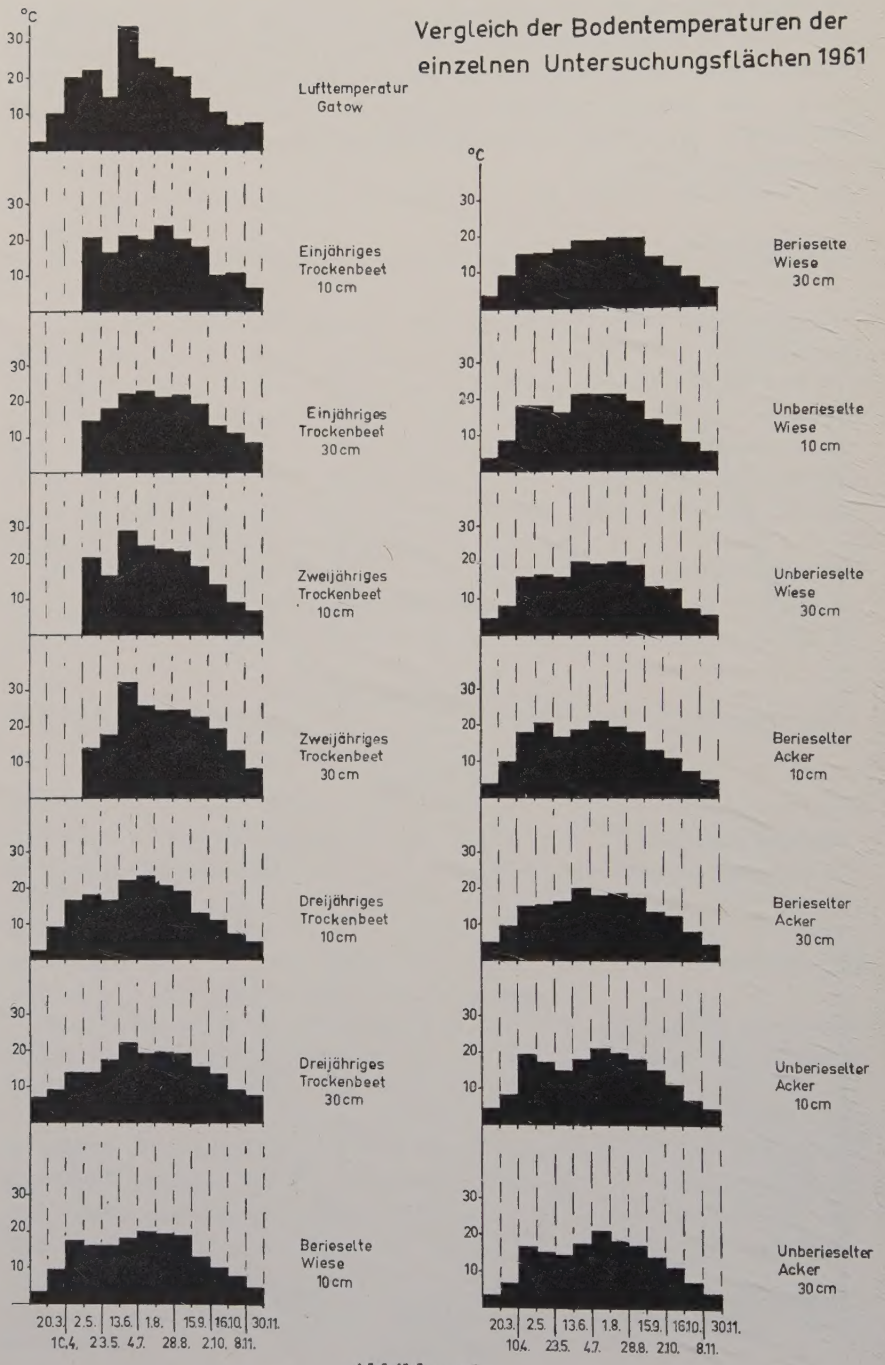
Vergleich der Bodentemperaturen der einzelnen Untersuchungsflächen 1961
°C
30
20
10
Lufttemperatur Gatow
Einjähriges Trockenbeet 10 cm
Einjähriges Trockenbeet 30 cm
Zweijähriges Trockenbeet 10 cm
Zweijähriges Trockenbeet 30 cm
Dreijähriges Trockenbeet 10 cm
Dreijähriges Trockenbeet 30 cm
Berieselte Wiese 10 cm
Berieselte Wiese 30 cm
Unberieselte Wiese 10 cm
Unberieselte Wiese 30 cm
Berieselter Acker 10 cm
Berieselter Acker 30 cm
Unberieselter Acker 10 cm
Unberieselter Acker 30 cm
20.3. 2.5. 13.6. 1.8. 15.9. 16.10. 30.11.
10.4. 23.5. 4.7. 28.8. 2.10. 8.11.

Abbildung 3

b) Geologische Verhältnisse

Bei bodenzoologischen Arbeiten genügt es nicht, nur die Bodenart und den pH-Wert anzugeben, es ist ebenso wichtig, auch die geologischen und besonders die biologischen Verhältnisse, wie Pflanzenwuchs, Nährstoffgehalt, bei landwirtschaftlich genutzten Flächen auch auf den mechanischen Faktor der Bodenbearbeitung und die Düngung einzugehen, um möglichst viele Faktoren, die die Bodentierwelt beeinflussen können, zu erfassen.

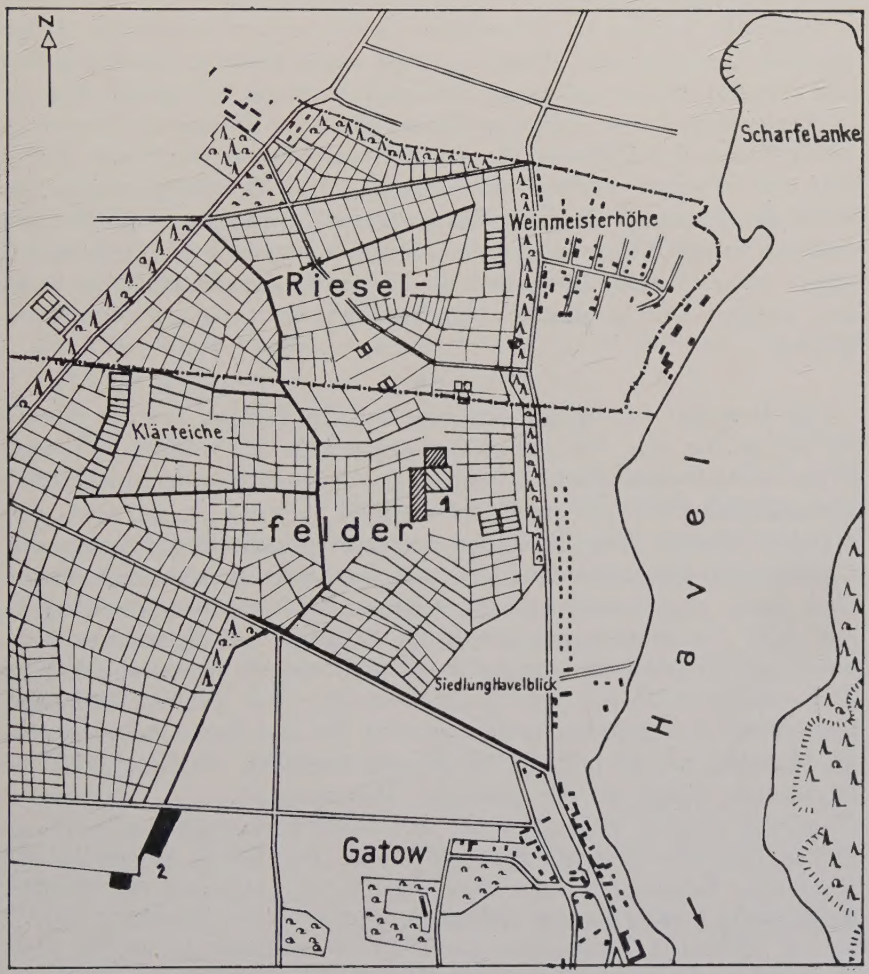

Abb. 4. Lageplan des Untersuchungsgebietes
1 = berieselte Flächen
2 = unberieselte Flächen

Das Gebiet in Gatow (Carolinenhöhe) wurde vor rund 60 Jahren zur Anlage eines Rieselfeldes gewählt. Es liegt im Westen des Berliner Stadtgebietes am westlichen Ufer der Havel (Abb. 4), 40 bis 50 m über dem Meeresspiegel. Die Größe beträgt 331 ha. Erdgeschichtlich handelt es sich um ein Grundmoränengebiet, das von den Seiten her zur Mitte abfällt. Da die Vorklärbecken auf den Höhen angelegt wurden, können die Rieselparzellen durch das natürliche Gefälle mit Abwasser beschickt werden, d. h. es sind keine zusätzlichen Pumpen nötig.

Dieses Sandbodengebiet wurde gewählt, weil es stark wasserdurchlässig und nicht zu weit von der Stadt entfernt ist.

Allgemein werden für Rieselfelder leicht wasserdurchlässige Böden gewählt, weil für den Wasserhaushalt eines Bodens die Korngröße und das sich daraus ergebende Porenvolumen von Bedeutung sind: je feinporiger ein Boden, desto langsamer kann das Wasser versickern.

Der Boden der Gatower Rieselfelder besteht aus Kies, Sand, Lehm und Ton. Es sind altdiluviale Talsande, die aus Ablagerungen des fließenden Wassers stammen, durch Verwitterung ihren Kalkgehalt verloren haben und in den oberen Schichten an feinerdigen Bestandteilen verarmt sind. Besonders die Talsande der Urstromtäler sind zum größten Teil aus landwirtschaftlich wertlosem Quarz zusammengesetzt.

c) Art und Weise der Berieselung

Das Abwasser kommt in leicht angefaultem Zustand auf den Rieselfeldern an. Es wird vor seiner Verteilung auf die einzelnen Parzellen in betonierten Absitzbecken vorgeklärt, die es mit einer Durchströmgeschwindigkeit von 10 mm/h durchfließt.

Dabei werden etwa 60 % der organischen Schwebestoffe als sog. Sinkschlamm ausgeschieden. Der noch vorhandene Schwimmschlamm wird durch eine Tauchwand im Becken zurückgehalten. Von Zeit zu Zeit wird der im Becken verbleibende Schlamm auf Schlammtrockenbeete geleitet (Abb. 6), ausgefault und als Dünger verwendet. Das so vorgereinigte Abwasser wird in Zuführungsgräben auf die Feldstücke (von je 2500 bis 3000 qm Größe) geleitet. Bei der Berieselung werden die Parzellen pro ha mit 5000 m^3 Wasser beschickt. Die Häufigkeit der Berieselung hängt von der jeweiligen Bebauung ab.

Um das schnelle Versickern des Abwassers herbeizuführen, hat man in 2 m Tiefe und in Abständen von je 5 m Drainröhren gelegt, die das gereinigte Abwasser in die Tiefe ableiten und dadurch den Grundwasserspiegel auf normaler Höhe halten.

d) Der Düngewert des Abwassers

Die leichten Sandböden verfügen nur über eine geringe Absorptionsfähigkeit, so daß eine vollkommene Ausnutzung der durch die

Berieselung zugeführten Nährstoffe bei ihnen erschwert oder völlig unmöglich gemacht wird. Wenn sie aber in einem guten Zustand erhalten bleiben, d. h. wenn eine Verschlickung der oberen Bodenschichten und eine starke Versauerung vermieden wird, eignen sie sich durchaus für eine befriedigende Reinigung des Abwassers. Die Gatower Rieselfelder dienen hauptsächlich diesem Zweck, im Gegensatz zur Landbewässerung, die auf die Verwertung der Abwässer, d. h. auf die Ausnützung der Düngewerte für landwirtschaftliche Zwecke abgestellt ist. Auch in Gatow werden große Flächen landwirtschaftlich genutzt, aber diese Nutzungen sind immer dem Reinigungsbetrieb untergeordnet.

Die Menge des Abwassers beträgt etwa 20 Mill. m^3 jährlich, das sind 60 000 m^3/ha jährlich oder 165 m^3/ha täglich. Der Boden wird also pro Jahr mit einer 6 m hohen Wassersäule pro qm belastet.

Die Zusammensetzung der Berliner Abwässer ist großen Schwankungen unterworfen. Die in Gatow anfallenden Abwässer enthalten nach König und Lacour (1915) hauptsächlich Fette, Seifen, Faserstoffe, Ruß, Asche (Kali, Kalk, Phosphorsäure und Chloride). Chemische Analysen ergaben als Durchschnittswerte in 1000 m^3:

67 kg N 30 kg P 44 kg K

Ähnliche Werte liegen von Eckert (1951) und König-Lacour (1915) vor:

60 kg N	80 kg N
15 kg P	20 kg P
45 kg K	60 kg K

Die obigen Werte würden bedeuten, daß 1960 und 1961 pro ha jährlich 4020 kg N, 1800 kg P und 2640 kg K zugeführt wurden. Das Abwasser brachte nach folgenden Angaben mehr Nährwerte heran, als die Pflanzen verwerten konnten. Nach Kreuz (1938) entzieht z. B. Gras dem Boden pro ha in einer Vegetationsperiode:

326 kg N 124 kg P 344 kg K

Wenn man nun Angebot und Nachfrage gegenüberstellt, ergibt sich folgendes Bild:

Angebot	4020 kg N	1800 kg P	2640 kg K
Verbrauch	326 kg	124 kg	344 kg
Überschuß	3694 kg	1676 kg	2296 kg

Die ungenützten Nährstoffe werden durch die Drainröhren und die Abflußgräben der Havel zugeführt, soweit sie nicht doch der Boden zurückhält.

Der Stickstoff hat den größten Anteil am Düngewert des Abwassers. Er ist im Abwasser zu 50 % als Ammoniak vorhanden. Der organisch gebundene Stickstoff wird im Boden durch die Tätigkeit der Mikroorganismen zersetzt und erscheint schließlich als Ammoniak. Anschließende Nitratbildung aus Ammoniak ist eine natürliche Folge der

in gut durchlüfteten Böden gedeihenden nitrifizierenden Bakterien. Ein Teil des gebildeten Nitrats geht dem Boden durch Auswaschen verloren.

Der Phosphor ist im Abwasser als organisch gebundener Phosphor oder als phosphorsaures Salz vorhanden. Im Boden wird er zu Phosphorsäure oxydiert und in dieser Form zum größten Teil festgehalten.

Kali ist wasserlöslich und gleichfalls mehr oder weniger starken Auswaschungen unterworfen. Es kann durch die wasserhaltende Kraft von kolloidalen Humusteilchen gebunden werden.

Die starke Belastung des Bodens mit großen Wassermengen (6 m/m^2) bringt natürlich für ihn und seine Mikrofauna Vor- und Nachteile mit sich. Als Vorzug ist die Zuführung von größerer Feuchtigkeit, verbunden mit einer Bereicherung an organischen Nährstoffen anzusehen.

Doch stehen dem große Nachteile für Boden und Mikrofauna gegenüber. Der Boden verliert 1. in den oberen Schichten seine feineren Sand- und Humusbestandteile, 2. wird er durch die Berieselung stark zusammengeschwemmt und verliert dadurch in starkem Maße sein Porenvolumen und 3. erfährt er durch Auswaschung starke Kalkverluste. In dem entkalkten Boden tritt bald saure Reaktion ein, weil bei der Zersetzung der organischen Stoffe durch die Mikroorganismen größere Säuremengen gebildet werden, als vom entkalkten Oberboden neutralisiert werden können. Auch die Kohlensäureproduktion der Wurzeln trägt zur Vergrößerung der H-Ionenkonzentration bei. Auf den Rieselfeldböden in Gatow schwanken die pH-Werte in der Zeit der Bebauung bis zum Winter zwischen 5,2 bis 5,9. Während der Wintermonate steigen sie infolge geringerer Säureproduktion auf 5,9 bis 7,0. Zu erwähnen wäre noch der biologische Sauerstoffverbrauch (BSB_5) des Abwassers, der bei 416 mg/l liegt.

3. Die Probeentnahmestellen und ihre ökologischen Verhältnisse

Für die Arbeit wurden folgende Rieselfeldparzellen ausgewählt:

1. zwei berieselte Wiesenflächen,
2. zwei berieselte Ackerbauflächen als landwirtschaftlich genutzte Gebiete und
3. die verschieden alten Schlammtrockenbeete, auf denen der Klärschlamm abtrocknet und ausfault.

Zu diesen Rieselflächen kamen im zweiten Jahr noch unberieselte Wiesen- und Ackerparzellen hinzu, die ich als Vergleichsobjekte heranziehen wollte. Alle Gebiete waren völlig freiliegend, nicht durch Wald- oder Gebüschstreifen vor Witterungseinflüssen geschützt.

Die Wiesenflächen bestehen aus Grasparzellen von etwa 2500 m^2, die ringsum mit einem ungefähr 50 cm hohen Erdwall umgeben sind.

Sie werden das ganze Jahr über alle 3 bis 4 Wochen berieselt. Es richtet sich dabei nach der Wetterlage, denn wenn z. B. viel Regenwasser anfällt, wird in kürzeren Zeitabständen Abwasser auf die Parzellen geleitet, da dann das Straßenabwasser nach Gatow gelangt. Im Winter ist man im allgemeinen vorsichtiger, weil dann durch plötzlich auftretenden Frost die Grasnarbe stark geschädigt werden kann. Das vorgeklärte Abwasser steht bis zu mehreren Tagen auf den Flächen, bis es völlig versickert ist. Die Wiesen sind wirtschaftlich sehr ergiebig, denn die organische Bereicherung des Bodens durch das Abwasser fördert das Graswachstum entsprechend. Die Parzellen können bis zu 6mal im Jahr gemäht werden. Durch die oftmalige Mahd und das schnelle Wachstum des Grases besitzt das Heu einen geringeren Anteil an Hartfaserstoffen und es ist auch proteinhaltiger als sog. Wildheu. Der Boden wird sehr dicht, aber äußerst flach (3 bis 5 cm) durchwurzelt. Es ergeben sich auch in normalen Tiefen durch absterbende Wurzeln keine zusätzlichen Hohlräume, wie es bei Naturwiesen der Fall ist. Durch die dauernde Berieselung ist der Boden außerdem in starkem Maße verschlämmt und ausgesprochen hart. Man hatte immer Mühe bei der Probenentnahme, mit dem Erdbohrer einzudringen. Diese starke Verschlämmung läßt natürlich keine gute Durchlüftung des Bodens zu, da die Hohlräume zugeschwemmt sind und das Hohlraumvolumen und damit die Luftkapazität sehr gering ist. Der pH-Wert der Wiesenböden liegt im Durchschnitt bei 5,6. Wegen der Berieselung und des natürlichen Bestandesabfalls ist das Nahrungsangebot ausreichend. Der Gehalt an organischen Bestandteilen beträgt 3 % (Abb. 5).

Die Ackerflächen sind hauptsächlich mit Rüben und Kohlsorten bestellt. Der Boden ist relativ schlecht, äußerst sandig und während der Anbauzeit auch trocken, da dann nicht berieselt werden darf. Es wird also nur von Anfang Oktober bis Ende April Abwasser auf die Ackerflächen geschickt. Dies geschieht dann in verstärktem Maße, da die Felder umgepflügt sind und man auf die Bebauung keine Rücksicht zu nehmen braucht.

Im Herbst und Winter unterliegt der Ackerboden also ähnlichen Bedingungen wie der Wiesenboden. In den Frühjahrs- und Sommermonaten dagegen ist der Wassergehalt des Bodens sehr minimal. Die oberen Bodenschichten (bis 15 cm) sind immer trocken, da auch Niederschläge kaum eindringen. Bei einer mittleren Korngröße von 0,5 mm ist eine gute Durchlüftung des Bodens gewährleistet, vor allem, weil die Ackerflächen wegen des jährlichen Umpflügens nicht so verschlammen können wie die Wiesen. Allerdings hat die Erfahrung auf bodenzoologischem Gebiet gelehrt, daß andererseits diese mechanischen Ver-

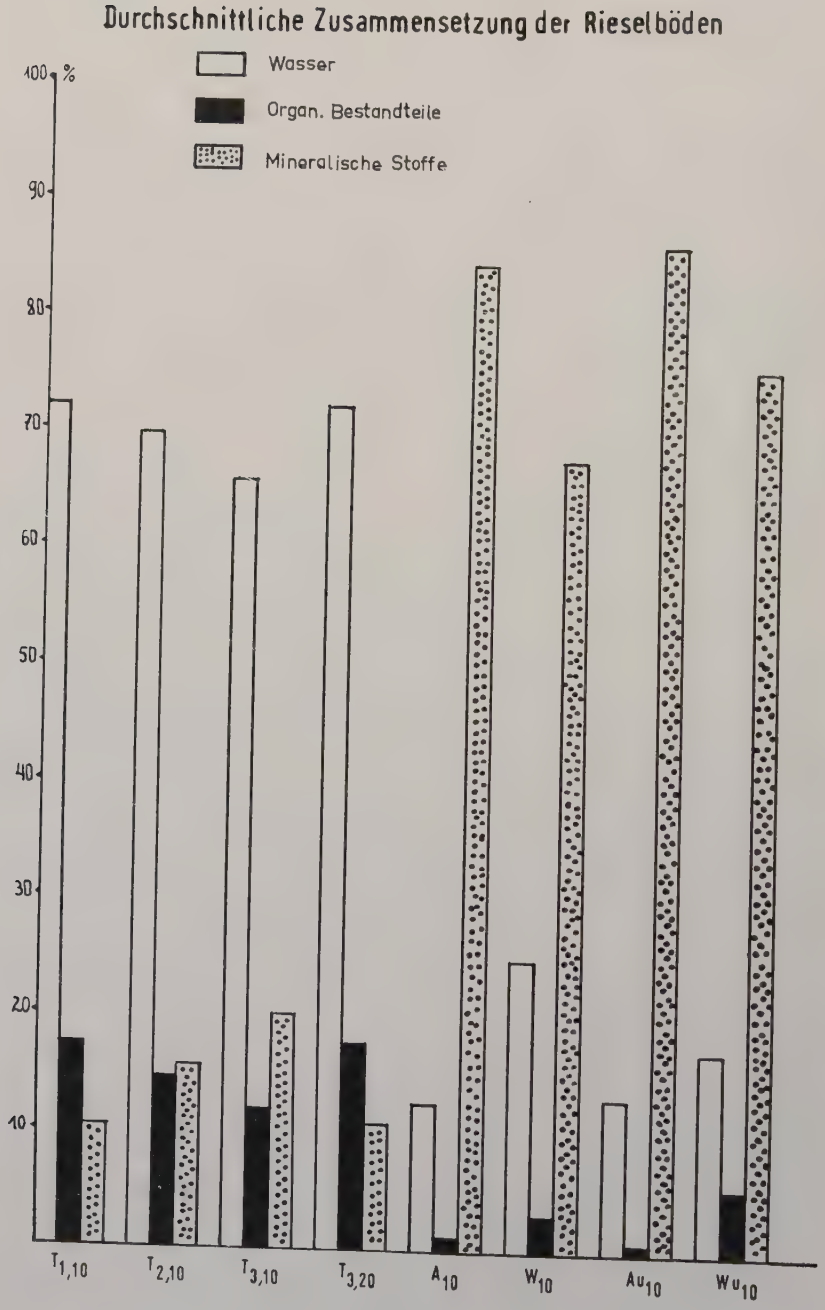
Durchschnittliche Zusammensetzung der Rieselböden
Wasser
Organ. Bestandteile
Mineralische Stoffe
100 %
90
80
70
60
50
40
30
20
10
T1,10
T2,10
T3,10
T3,20
A10
W10
Au10
Wu10

Abbildung 5

änderungen des Bodens keineswegs günstig für die Bodenorganismen sind.

Der Gehalt an organischen Bestandteilen ist im Vergleich mit den anderen Gebieten gering (1,5 %) (Abb. 5), da ja nur im Spätherbst und Winter Abwasser auf die Ackerfläche gelangt. Auch der natürliche Bestandesabfall, Reste von Anbaufrüchten, die auf den Feldern liegenbleiben, steht den Bodenorganismen nicht schnell genug zur Verfügung. Der pH-Wert liegt mit durchschnittlich 5,8 wie bei den Wiesenböden stark im sauren Bereich.

Als drittes und auch interessantestes Gebiet sind die Schlammtrockenbeete zu nennen. Wie schon erwähnt, kommt auf diese Parzellen der Sinkschlamm aus den Betonabsitzbecken. 50 bis 80 cm tief ausgeschachtete Parzellen werden im Frühjahr in zeitlich nicht festgelegten Abständen (es richtet sich nach der Wetterlage) bis zu der oben angegebenen Höhe mit dem Schlamm beschickt (Abb. 6). Dieser braucht dann weitere ein bis zwei Jahre zum Austrocknen bzw. Ausfaulen. Man unterscheidet deshalb ein-, zwei- und dreijährige Trockenbeete. Im ersten Jahr sind diese Parzellen sehr feucht. Die Nässe zieht äußerst langsam durch die Drainage in den Boden. Zwischen den bereits oberflächlich abgetrockneten Flächen stehen noch große Abwasserlachen, ein beliebtes Eiablagegebiet für Culex und gewisse Syrphiden.

Abb. 6. Frisch mit Klärschlamm beschicktes Trockenbeet

Bis dahin hat das Ganze einen mehr hydrobiologischen Charakter. Im Schlamm befinden sich praktisch nur Nematoden. Aber wenn der Boden auch nach innen trockener wird und sich durch die Faulgase zahlreiche Hohlräume in dem Substrat bilden, stellen sich die ersten Kleinathropoden ein.

Im zweiten Jahr finden diese allmählich Bedingungen vor, die sehr günstig sind. Das Substrat wird geradezu porös und das Hohlraumvolumen dadurch außerordentlich groß. Außerdem befinden sich jetzt auf der Oberfläche große Trockenschollen, die von pappmachéartiger Beschaffenheit sind und für die darunterliegenden Schichten ein gutes Isoliermittel gegen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen darstellen (Abb. 7). Der Feuchtigkeitsgehalt nimmt in den drei Jahren in der obersten Schicht stark ab; da aber die Wasserkapazität des Substrates sehr groß ist, kann der Feuchtigkeitsgehalt durch Niederschläge immer wieder erhöht werden. In den tieferen Schichten ist eine Abnahme der Feuchtigkeit kaum zu bemerken. So sind beim dreijährigen Trockenbeet in 30 cm Tiefe die gleichen Feuchtigkeitsverhältnisse vorhanden wie beim einjährigen in 5 cm Tiefe. Allmählich siedelt sich auch eine Vegetation an. Zuerst besiedeln Tomatenpflanzen die Parzellen, denn deren Samen sind ja in den häuslichen Abwassern enthalten. Es folgen Gemeines Kreuzkraut (*Senecio vulgaris*), Hundskamille (*Anthe-*

Abb. 7. Trockenrisse im zweijährigen Trockenschlamm

mis arvensis), Dreiteiliger Zweizahn (*Bidens tripartitus*), Gemeine Melde (*Atriplex patula*) und verschiedene Gräser. Die Besiedlung erfolgt zögernd von den Rändern her.

Die dreijährigen Beete sind bedeutend stärker bewachsen (Abb. 8). Die Trockenschollen sind nicht mehr vorhanden. Das Substrat hat jetzt einen erdhaften Charakter angenommen, d. h. es ist in den oberen Schichten ausgereift. Allerdings befindet sich kurz über der Drainage etwa 50 cm tief) eine seifige, tiefschwarze und übelriechende Schicht. Die chemischen und biologischen Bedingungen sind hier wohl so ungünstig, daß eine Umsetzung des Substrats nicht möglich ist.

Die Vergleichsflächen für Wiese und Acker wurden das ganze Jahr über nicht berieselt. Sie lagen am Rande der eigentlichen Rieselfelder (s. Karte). Die Wiesenflächen kann man als Naturwiesen bezeichnen. Der Boden war sandig und locker. Der Gehalt an organischen Bestandteilen lag höher als bei den berieselten Wiesen (Abb. 5). Dies ist auf die stärkere und tiefgehende Durchwurzelung des Bodens zurückzuführen. Der Ackerboden wurde auf landwirtschaftlich übliche Weise bestellt. Leider konnte ich keine Rübenanbaufläche zum Vergleich heranziehen, da die unberieselten Äcker 1961 durchgehend mit Getreide (Sommerweizen) bestellt wurden.

Abb. 8. Dreijähriges, völlig bewachsenes Trockenbeet

4. Technik der Probeentnahme und -untersuchung

Zur Entnahme der Bodenproben wurde ein Erdstecher mit einer Grundfläche von 13 qcm verwendet. Die Proben hatten ein Volumen von jeweils 100 ccm und wurden in 10 und 20 cm Tiefe entnommen. Von den untersuchten Flächen „Berieselte Wiese", „Berieselter Acker" und „Dreijähriges Trockenbeet" wurden je 5 Parallelproben bis 10 cm Tiefe in der Art hergestellt, daß aus den Ecken und der Mitte eines Quadrates von 1 m Seitenlänge die Erde ausgestochen wurde. Wegen der beschränkten Unterbringungsmöglichkeit konnten von den Proben aus größerer Tiefe (20 cm) und von den Untersuchungsflächen „Ein- und Zweijähriges Trockenbeet" sowie den unberieselten Vergleichsflächen nur jeweils 3 Parallelproben entnommen werden. Auch hier lagen die Entnahmestellen 1 m voneinander entfernt. Insgesamt waren für eine Serie 36 Erdproben nötig.

Das Erdmaterial wurde in stark vereinfachte Berleseapparate gebracht. Diese bestanden aus Glastrichtern mit einem Durchmesser von 16 cm und einem Neigungswinkel der Wände von 45°. Die darin befindlichen Drahtnetze hatten eine Maschenweite von 1 bzw. 3 mm. Die durchschnittliche Schichtdicke der auf den Sieben verteilten Erdproben betrug 15 mm, was ein gutes und gleichmäßiges Durchtrocknen des Materials gewährleistete.

Die Proben wurden nur der Zimmertemperatur ausgesetzt. Auf eine zusätzliche Beleuchtung und Erwärmung durch Glühlampen wurde verzichtet, da m. E. bei den Bodentieren die negative Phototaxis weniger ausgeprägt ist als die positive Hydrotaxis. Das Austrocknen dauerte allerdings dadurch etwas länger (bei meinen im Durchschnitt recht feuchten Proben etwa 8 bis 10 Tage), was sich aber auf das Ausleseergebnis nur günstig auswirkte. So waren auch kleinste Collembolen und Milbennymphen in sehr großer Zahl in den Auffanggläsern. Aussalzversuche nach Ablauf der Austrocknungszeit ergaben, daß nur ganz vereinzelt Tiere in der Erde verblieben waren.

Als Auffangflüssigkeit wurde Brennspiritus + 5% Glyzerin verwendet.

Im Laufe der Arbeit wurden 507 Bodenproben auf diese Weise untersucht. Um ein abgerundetes Bild von der Bodentierwelt der Rieselfeldböden zu erhalten, wurden folgende Gruppen gewählt[2]:

Milben, Collembolen, Käfer, Käferlarven, Dipterenlarven.

Die Tiere wurden in einer Petrischale auf einem besonderen Zähltablett (auf Preßpappe aufgeklebtes Millimeterpapier) unter einem Binokular bei 20facher Vergrößerung ausgezählt.

Um Aufschluß über das quantitative Vorkommen von Nematoden und Anneliden zu bekommen, mußten andere Methoden angewendet werden.

Bei den Prüfungen auf Nematoden wurden die Bodenproben gut durchmischt und dann 1 g in einer Petrischale mit Wasser aufgeschwemmt und unter dem Binokular direkt ausgezählt (Stöckli 1950). Es wurde dabei das gleiche Zähltablett verwendet wie oben.

Um *Enchytraeen* und *Lumbriciden* quantitativ zu erfassen, wurden Bodenstücke von 10 × 10 × 25 cm bzw. 25 × 25 × 25 cm ausgestochen und gesiebt. Bei starker Verwurzelung der Bodenproben wurde noch mit der Hand nachgelesen.

---

[2] Für die Determinierung der Milben gilt mein besonderer Dank den Herren Dr. Hirschmann, Dr. Türk und Dr. Sellnick. Herr Dr. Palissa übernahm dankenswerter Weise die Bestimmung der Collembolen, Herr Korge die der Staphyliniden.

Außerdem wurden von den verschiedenen Untersuchungsgebieten noch größere Proben im Labor in Aufzuchtgläsern gehalten, um festzustellen, welche Dipterenarten in diesen Böden ihre Entwicklung durchmachten.

5. Quantitative Verteilung der Gesamtfauna in den Rieselfeldböden

Wie im Kapitel „Methodik" schon erwähnt, wurden im Zeitraum von zwei Jahren 507 Bodenproben entnommen. Die dabei erfaßte Gesamttierzahl betrug ohne die Nematoden, Enchyträiden und Lumbriciden 49 465 Kleinarthropoden bzw. deren Larven. Dabei verteilte sich der Individuenanteil der einzelnen Gruppen der Arthropoden folgendermaßen:

Collembolen	25 305	= 51,0 %
Milben	21 478	= 42,1 %
Dipterenlarven	1 628	= 3,3 %
Käferlarven	1 143	= 2,3 %
Käfer	608	= 1,2 %

Die Tabelle (s. S. 64) zeigt die Verteilung der Tiergruppen auf die untersuchten Rieselfeldböden, und zwar für das Jahr 1961. Aus technischen Gründen konnten für 1960 noch nicht alle interessierenden Gebiete in die Bearbeitung mit einbezogen werden.

Man erkennt hier schon die von den Tieren bevorzugten Böden. Die Schlammtrockenbeete besaßen die reichste Bodentierwelt, wobei bei den einzelnen Gruppen eine charakteristische Abstufung vom einjährigen zum dreijährigen Beet zu erkennen war, auf die ich aber erst in den nächsten Kapiteln eingehen möchte. Es folgten dann die berieselten Ackerflächen, berieselten Wiesen, unberieselten Äcker und zuletzt die unberieselten Wiesen. Diese Reihenfolge zeigt schon die Unterschiede zu den sonst bekannten Ergebnissen. Nach Untersuchungen von Frenzel (1936) und anderen Autoren weisen nämlich im Normalfall die Wiesenböden gegenüber den Ackerböden eine viel dichtere Besiedlung auf. Bei den von mir untersuchten Rieselböden lagen die Verhältnisse in einigen Fällen geradezu umgekehrt. Der Ackerboden wies z. B. bei den Collembolen und Milben eine doppelt so hohe Tierzahl auf als der Wiesenboden. Bei den Käfern und deren Larven lagen die Zahlen relativ höher; nur bei den Dipterenlarven trat das erwartete Ergebnis ein.

Die Ursache für diesen Befund lag in der bedeutend längeren Berieselungszeit der Wiesen. Diese wurden ja ganzjährig berieselt, die Äcker jedoch nur im Winterhalbjahr. Hier konnte sich die Bodentierwelt trotz der sich gleichfalls negativ auswirkenden Bodenbearbeitung relativ gut erholen.

Daß die Zahlen der Besiedlungsdichte bei den unberieselten Parzellen im allgemeinen unter denen der berieselten lagen, muß man auf

Tabelle 1

Tiefe	Collembolen	Milben	Dipterenlarven	Käferlarven	Käfer
1jähriges Trockenbeet .... (0—10 cm)	36	4 557	915	661	296
2jähriges Trockenbeet .... (0—10 cm)	5 565	3 693	191	251	255
3jähriges Trockenbeet .... (0—10 cm)	12 437	11 198	150	76	33
3jähriges Trockenbeet .... (10—20 cm)	468	487	9	14	1
Berieselte Wiese ..... (0—10 cm)	416	516	94	8	2
Berieselte Wiese ..... (10—20 cm)	55	48	11	5	0
Unberieselte Wiese ..... (0—10 cm)	121	186	9	4	0
Berieselter Acker ..... (0—10 cm)	849	1 037	49	66	13
Berieselter Acker ..... (10—20 cm)	402	352	7	5	1
Unberieselter Acker .... (0—10 cm)	231	158	4	3	7

den äußerst sandigen und trockenen Boden in diesem Untersuchungsgebiet zurückführen (s. Geologische Verhältnisse). Eine etwas bessere Bodendeckung des Ackers (Getreide) machte sich in der Individuenzahl der Collembolen bemerkbar, die auch hier wiederum höher als die des Wiesenbodens war. Auf jeden Fall lagen die Individuenzahlen gerade für die Wiesenböden weit unter denen anderer Autoren (Frenzel 1935, Leuthold 1961).

Wie viele bodenzoologische Arbeiten ergeben haben (s. o.) und auch meine Untersuchungen zeigen, stellen die Milben und Collembolen die größte Individuenzahl innerhalb der Gesamtfauna. Bei den Untersuchungen von Frenzel nahmen in den Wiesenböden die Apterygoten 30,9 %, die Milben 42,4 % des Gesamttierbestandes ein. Ähnliche Zahlen erhielt Leuthold, gleichfalls aus Wiesenböden. Hier waren die Collembolen mit 29,9 %, die Milben mit 25,1 % vertreten. Auf den Rieselfeldparzellen betrug der Anteil der Collembolen aus den verschiedenen Böden 51 %, der der Milben 42,1 %. Die Prozentzahlen sind im Vergleich zu den Angaben der vorgenannten Autoren relativ hoch. Das liegt daran, daß hier die Nematoden, Enchytraen und Lumbriciden fehlen, da ich diese Gruppen getrennt und nach anderen Methoden untersucht habe. Ich halte es nicht für sinnvoll, eine Bodenprobe erst makroskopisch zu untersuchen, d. h. sie zu zerbröckeln, und sie dann anschließend noch einem Ausleseapparat anzuvertrauen, um die empfindlichen Kleinarthropoden zu erlangen. Diese sind dann zu einem hohen Prozentsatz verletzt und gelangen nicht mehr vollzählig in die

Auffanggläser. Ferner fehlen bei diesen Berechnungen Angaben über Gastropoden, Araneiden, Dipteren-Imagines und Rhynchoten, da diese m. E. kaum zu den Bodentieren zu zählen sind. Ich habe daher die veröffentlichten Prozentzahlen der beiden vorgenannten Autoren umgerechnet, indem ich die angegebenen Werte der Tiergruppen verwendete, die ich in diesem Zusammenhang auch bearbeitet habe. Ich komme somit auf folgende Vergleichswerte (s. aber unten):

	Frenzel	Leuthold	meine Ergebnisse
Milben	55,6 %	42,3 %	42,1 %
Collembolen	38,5 %	50,5 %	51,0 %

Auffallend ist hier das umgekehrte Zahlenverhältnis bei Frenzel und die fast genaue Übereinstimmung mit Leutholds Ergebnissen. Ein guter Vergleich läßt sich ja leider nicht durchführen, da die Zusammensetzung meines Untersuchungsgebietes sehr verschiedenartig ist.

Was die Artenzahlen anbetrifft, so ergeben sich interessante und eindeutige Unterschiede. Frenzel gibt für seine verschiedenen Wiesenböden 35 Collembolenarten an, Leuthold sogar 60 Arten. Auf den Rieselfeldern fand ich 7 Arten, von denen 4 in den Wiesenböden vorkamen.

Noch stärker trat ein Unterschied beim Vergleich der Milben zutage. Bei den Untersuchungen Frenzels fielen 188 Arten an, auf den Rieselflächen waren es höchstens 15. Davon waren 5 Arten regelmäßig und relativ häufig in den Wiesenböden vorhanden.

Dieser auffällige Unterschied im Artenbestand ist in erster Linie sicherlich dadurch bedingt, daß es auf den Rieselfeldern nur zwei Wiesentypen gibt, nämlich feuchte (berieselte) und sehr trockene (unberieselte), die genannten Autoren aber mehrere Wiesentypen bearbeiteten, also auch eine größere ökologische Breite für die Ansprüche der einzelnen Arten zur Verfügung hatten und daher auch höhere Artenzahlen erhielten.

Wie Franz (1953) durch seine Untersuchungen feststellte, werden bei bestimmten Düngungsmaßnahmen, z. B. Gülledüngung, die Artenzahlen zugunsten der Individuenzahlen sehr stark reduziert. Nur ganz bestimmte, an diese speziellen Lebensbedingungen angepaßte Arten können hier bestehen und sich enorm vermehren. Meistens ist dies ein Zeichen für eine völlig einseitige Beeinflussung des Bodens.

6. Ökologische Analyse der untersuchten Tiergruppen

a) Nematoden

Die Nematoden, Enchytraeiden und Lumbriciden konnten im Rahmen dieser Arbeit wie gesagt nur quantitativ behandelt werden. Nach-

dem bei den Nematoden die üblichen Auslesemethoden versagten oder nur sehr vage Ergebnisse zeitigten, wurden die Tiere direkt unter dem Binokular ausgezählt (s. Methode). Daher mußte ich eine große Anzahl von Proben auszählen, um zu sicheren Zahlen zu kommen. Diese Durchschnittswerte der einzelnen Untersuchungsflächen wurden für bestimmte Monate in der folgenden Tabelle zusammengefaßt:

Tabelle 2: **Nematoden/1 g Bodenprobe**

Untersuchungsgebiet	Mai 1961	August 1961	Oktober 1961
1jähriges Trockenbeet	792	10	802
2jähriges Trockenbeet	14 000	264	284
3jähriges Trockenbeet	4 700	132	180
Berieselte Wiese	70	5	22
Unberieselte Wiese	2	—	1
Berieselter Acker	130	12	34
Unberieselter Acker	2	1	—

Die meisten Nematoden wurden in den Trockenbeeten mit ihrem fast nur aus organischem Material bestehenden Substrat gefunden. Beim einjährigen Trockenbeet zeigte sich eine erst beginnende Besiedlung. Wahrscheinlich wanderten die Nematoden von den angrenzenden Flächen in die Beete ein oder sie wurden in den Zuführungsgräben vom Schlamm mitgerissen und so in die Beete eingeschleppt. Es konnte aus technischen Gründen nicht festgestellt werden, ob nicht eventuell der Schlamm der Absitzbecken schon Nematoden enthielt. Bei der starken Verbreitung dieser Tiergruppe in den verschiedensten Lebensräumen wäre dies durchaus denkbar.

Die höchste Populationsdichte zeigte das zweijährige Trockenbeet. Das Angebot an faulendem Material und die mittlere Bodenfeuchtigkeit (der Boden war jetzt oberflächlich abgetrocknet) waren hier wohl ausschlaggebend.

Im dreijährigen Trockenbeet ging die Populationsdichte zurück. Die Umsetzung des Klärschlammes schritt immer mehr fort. Der Boden zeigte zu diesem Zeitpunkt schon erdhaften Charakter und war zu einem großen Teil mit einer Unkrautvegetation bedeckt.

Eine weit kleinere Populationsdichte ergab sich in den übrigen Böden. Das geringere Angebot an organischen Substanzen kam hier klar zum Ausdruck und es zeigte sich darüber hinaus der Unterschied zwischen berieselter und unberieselter Fläche. Die Anreicherung des Bodens mit Feuchtigkeit und organischem Material hatte ein Ansteigen der Populationsdichte zur Folge. Auffallend war allerdings der Unterschied zwischen den berieselten Wiesen und den berieselten Ackerflächen. Man sollte eigentlich annehmen, daß der Wiesenboden die größere Zahl an Nematoden besitzt. Es scheint, als ob hier, wie es

sich noch bei anderen Tiergruppen zeigen wird, die dauernde Berieselung und das geringe Porenvolumen des Bodens auch bei Nematoden eine Rolle spielt. Nach Franz (1953) gingen die Nematoden bei einer mit Kartoffelstärkeabwasser berieselten Fläche allgemein zurück bzw. wurden durch ganz bestimmte detritophile Arten ersetzt (Rhabditis und Diplogaster).

Die Äcker werden ja nur im Winterhalbjahr berieselt. Das regenreiche Frühjahr 1961 mag aber dazu beigetragen haben, daß der sonst schon im Mai recht trockene Acker noch längere Zeit Feuchtigkeit über dem sonstigen Durchschnitt besaß und den Nematoden noch günstige Lebensmöglichkeiten bot. Man darf allerdings nicht vergessen, daß bei der Bestellung der Ackerböden die Bodentierwelt sehr in Mitleidenschaft gezogen wird. Sonst wäre der Unterschied zwischen den berieselten Wiesen und Äckern wohl noch größer.

Innerhalb der unberieselten Flächen zeigte sich kein quantitativer Unterschied. Wie sich im Laufe der Arbeit herausstellte, waren die unberieselten Untersuchungsgebiete sehr arm an Bodentieren überhaupt, was sich auch in den geringen Funden von Nematoden widerspiegelt.

Wenn man nun die Ergebnisse der drei Monate für die einzelnen Untersuchungsgebiete vergleicht, ergeben sich interessante Schwankungen in der Populationsdichte. Der Höhepunkt der Entwicklung wird im Mai erreicht. Im August ist eine allgemeine Abnahme zu bemerken, der wieder ein gewisser Anstieg im Oktober folgt. Nach Meinung einiger Autoren (Micoletzki, de Man, siehe Frenzel) soll eine durch klimatische Ursachen hervorgerufene Periodizität bei Nematoden nicht vorkommen, da die Tiere schlechte Umweltbedingungen durch anabiotische Zustände überdauern können, wobei ihre Individuenzahl nicht reduziert wird. Bei der angewandten Aufschwemmmethode wären ja diese Nematoden wiederbelebt worden und wären so im Zahlenmaterial enthalten gewesen. Frenzel schreibt seine Ergebnisse der unregelmäßigen Verbreitung der Nematoden im Boden zu. Mit einer entsprechenden Probenanzahl und einer guten Durchmischung der Einzelproben kann man versuchen, diesen Fehler auszugleichen.

Die einzelnen Arten zu bestimmen war mir leider nicht möglich. Es war nur auffällig, daß sich beim Auszählen der einzelnen Proben Unterschiede im Verhalten der Tiere beobachten ließen. Die Nematoden aus dem einjährigen, sehr nassen Trockenbeet waren sehr schwimmfähig, die der zwei- und dreijährigen Trockenbeete bewegten sich mehr oder weniger schwerfällig schlängelnd durch das Substrat. Auch ein zunehmender Größenunterschied war festzustellen. Die

größten Nematoden befanden sich in den trockenen unberieselten Wiesenflächen.

b) Oligochaeten

Die Vertreter der Oligochaeten (Enchytraeiden und Lumbriciden) kamen in den untersuchten Rieselfeldböden in sehr geringer Anzahl vor. Diese Tiere beanspruchen ja zumeist einen mittelfeuchten Boden mit einer ausreichenden Luftkapazität, der ihnen, was eine Reihe von Lumbriciden anbetrifft, auch ein Leben in größeren Tiefen ermöglicht.

In den Trockenbeeten und den berieselten Wiesen waren Enchytraeiden und Lumbriciden überhaupt nicht vertreten. Beim einjährigen Trockenbeet war dies durchaus zu erwarten, denn das Substrat war viel zu feucht, um den Tieren die für sie günstigen Lebensbedingungen zu bieten. Anders stand es damit bei den zwei- und dreijährigen Trockenbeeten. Diese hatten m. E. den richtigen Feuchtigkeitsgehalt, und auch die Bodendurchlüftung in den obersten Schichten war durchaus gut. Trotzdem war eine Besiedlung durch Enchytraeiden oder Lumbriciden nicht festzustellen. Aus mir nicht bekannten Gründen muß es den Tieren Schwierigkeiten bereiten, das Material aufzuarbeiten. Nach Schmidegg (zitiert nach Kühnelt 1950 a) besteht die Hauptnahrung der Enchytraeiden aus abgestorbenen Pflanzenresten. Sie sollen sich aber von weitgehend abgebautem Pflanzenmaterial nicht ernähren können. Ähnliches ist auch von den Lumbriciden bekannt.

Beim zweijährigen Trockenbeet stand so gut wie kein Bestandesabfall als Ausweichnahrung zur Verfügung, da das Beet nur an den Rändern bewachsen war. Hier, an den erhöhten Parzellenrändern, die man als Raine bezeichnen kann, war auch eine Besiedlung durch Enchytraeiden und Lumbriciden festzustellen. Dies stimmt mit Beobachtungen von Fink (1952) überein, der die Feldraine als Refugien für Regenwürmer erwähnt. Mit durchschnittlich 7 Tieren pro Probe hatte ich hier die höchsten Ergebnisse von allen untersuchten Rieselfeldböden.

Das dreijährige Trockenbeet war fast völlig mit Pflanzen überwuchert und eventuell vorhandene Enchytraeiden und Lumbriciden hätten hier vom natürlichen Bestandesabfall ihre Nahrung beziehen können, aber auch hier fand man die Tiere nur in den Randwällen der Parzellen.

Es besteht ferner noch die Möglichkeit, daß die auch in den zwei- und dreijährigen Trockenbeeten noch auftretenden Faulgase eine Besiedlung verhindern. Andererseits kommen aber Enchytraeiden und Lumbriciden in großen Mengen in Dung- und Komposthaufen vor. So hat z. B. Eisenia foetida als teilweise koprophages Tier seine Hauptverbreitung in solchen Medien.

Völlig unbesiedelt waren auch die berieselten Wiesenparzellen. Die häufige Überflutung des Bodens mit Abwasser sperrte den Tieren natürlich jede Luftzufuhr ab. Außerdem war der Wiesenboden durch die fortwährende Berieselung stark zusammengeschwemmt und infolgedessen das Porenvolumen so klein, daß eine Bodendurchlüftung (z. B. zwischen den Berieselungsperioden) nicht gewährleistet war.

Um zu zeigen, welcher Schaden der Bodentierwelt (hier speziell den Lumbriciden) zugefügt werden kann, möchte ich eine Beobachtung einfügen. Im April 1960 wurden zwei Wiesenparzellen, die wahrscheinlich 1—2 Jahre unberieselt geblieben waren, wieder mit Abwasser beschickt. Innerhalb weniger Stunden schwammen Tausende von Lumbriciden auf den Wiesen und in den Abwasserzuführgräben.

Wie schon bei der Charakterisierung der Untersuchungsgebiete erwähnt, bildeten die Gräser der berieselten Wiesen keine tiefgehenden Wurzeln aus. Dafür war die Grasnarbe sehr dicht. Nach Ramann (zit. n. Kühnelt 1950) wirken sich solche dichten Wurzelfilze gleichfalls negativ auf eine Besiedlung des Bodens durch Lumbriciden aus.

Im berieselten Ackerboden und den unberieselten Acker- und Wiesenböden kamen sowohl Enchytraeiden wie auch Lumbriciden vor, allerdings in sehr geringer Anzahl. War bei den oben beschriebenen Untersuchungsflächen die übermäßige Feuchtigkeit der maßgebliche Grund für das völlige Fehlen der Tiere, so konnte man für die zuletzt genannten Gebiete das Gegenteil anführen. Diese Diskrepanz trat bei allen untersuchten Tiergruppen auf.

Von Mai bis Anfang Oktober waren diese Böden immer sehr trocken, da sie durch ihre sandige Beschaffenheit keine gute Wasserkapazität hatten. In den oberen Bodenschichten waren nur wenige Enchytraeiden oder Lumbriciden anzutreffen. Die Proben (10 × 10 × 25 cm) enthielten im Durchschnitt 4 Enchyträen. Ähnlich lagen die Verhältnisse bei den Lumbriciden. Ausgestochene Proben von 25 × 25 × 25 cm enthielten durchschnittlich 3—4 Tiere. Etwas günstiger waren die Ergebnisse für Enchyträen in den unberieselten Wiesenböden. Der Probendurchschnitt lag hier mit 8 Tieren am höchsten. Ich nehme an, daß durch die normale Durchwurzelung des Bodens und die lockere Bodenbeschaffenheit günstigere Voraussetzungen gegeben waren.

Für die im Ackerboden lebenden Enchytraeiden dürfte sich nicht nur die jährliche Bestellung des Feldes bemerkbar machen, sondern vor allem auch die starke winterliche Berieselung, die noch sehr viele Tiere aus dem Boden treibt. Schon geringer Frost (— 1,2 bis 2° C) tötet die Tiere ab. Hopp und Lindner (zit. n. Kühnelt 1950 a) geben an, daß zum Beispiel auf jährlich gepflügten Feldern ein großer Teil der Regenwürmer abstirbt. Fink (1952) spricht wohl aus diesen

Gründen in bezug auf den Regenwurmbesatz der Äcker von einer Reliktfauna. Die Enchytraeiden sollen im allgemeinen klimatisch ungünstigere Umstände besser vertragen.

Eine jahreszeitliche Schwankung der Populationen in den einzelnen Untersuchungsgebieten konnte nicht festgestellt werden. Dazu war auch das erlangte Zahlenmaterial zu gering.

Im Zusammenhang mit den anderen untersuchten Bodentiergruppen ergab sich, daß die Enchytraeiden und Lumbriciden zu den in ihrer Individuenzahl am stärksten reduzierten Tiergruppen der Rieselfeldböden gehören. Ein Ineinandergreifen von ungünstigen Gegebenheiten auf den einzelnen Untersuchungsgebieten, wie schlecht verwertbares Substrat trotz guter Bodendurchlüftung und Feuchtigkeit (Trockenbeet) oder schlechte Bodendurchlüftung wegen stauender Nässe und Zusammenschwemmung des Bodens (Wiese) oder drittens zu trockener Boden in Zusammenhang mit einer Bearbeitung und einer Berieselung im Winter (Acker) lassen eine gute Besiedlung nicht zu. Doch gerade diese beiden Tiergruppen sind für einen gesunden Boden so äußerst wichtig. Bilden sie doch oft erst die Existenzgrundlage für die anderen Bodentiere, wie Collembolen und Milben, die zumeist auf gute Bodendurchlüftung usw. angewiesen sind.

c) Acarinen

Die quantitativen Untersuchungen zeigten, daß die Milben (42,1 %) in bezug auf die von mir erfaßten Fauna hinter den Collembolen (51 %) an zweiter Stelle standen. Allerdings ergaben sich innerhalb der einzelnen Untersuchungsgebiete starke Unterschiede zwischen den Collembolen- und Milbenpopulationen.

So wurden die frischen Trockenbeete im ersten Jahr überhaupt nur von den Milben besiedelt. Die Tiere drangen vom Rande her auf den abgetrockneten oberen Schichten zur Mitte der Parzellen vor. Erstaunlicherweise bildete hier *Scutacarus longitarsus* Berl., eine Art, die nach Frenzel (1936) und Hirschmann (briefl. Mitt.) hauptsächlich in Moos vorkommt, eine sehr starke Population aus. So ergaben im Oktober 1961 (s. Abb. 12) 5 Parallelproben einen Durchschnitt von 1500 Tieren pro 100 ccm. Diese Art kam fast ausschließlich in den einjährigen Schlammtrockenbeeten vor, in den zweijährigen war sie nur noch spärlich anzutreffen. Anscheinend stellt die Gattung Scutacarus sehr hohe Ansprüche an die Bodenfeuchtigkeit. Allerdings hatten m. E. die zweijährigen Trockenbeete durchaus noch den Wassergehalt eines normalen Moosrasens, der als Lebensraum für diese Art angegeben wurde (siehe oben).

Zusammen mit *Scutacarus longitarsus* besiedelte die Parasitide *Macrocheles merdarius* (Berl.) die einjährigen Trockenbeete, kam aber auch ebenso häufig in den zweijährigen vor. Zum dreijährigen Trockenbeet hin brach aber dann die Besiedlung vollständig ab. Nach Hirschmann ist *Macrocheles merdarius* eine unserer verbreitetsten Stallmistmilben, die demzufolge auch häufig den mit diesem Dünger versehenen Boden bewohnt. In den berieselten Wiesen- und Ackerböden waren diese Tiere nur sehr spärlich vorhanden, in den unberieselten Vergleichsböden überhaupt nicht. Die Trockenbeete entsprachen hier einem Dunghaufen und man könnte wohl eine Besiedlung der anderen Flächen erreichen, wenn man auf diesen den Trockenschlamm unterpflügen würde.

Die neben den beiden genannten Arten häufigste Milbe in den Trockenbeeten war die Tyroglyphide *Caloglyphus michaeli* (Oud.). Die Population dieser Art setzte erst in den zweijährigen Beeten ein und erreichte ihren Höhepunkt in den dreijährigen, in denen sich auch ein sehr hoher Prozentsatz von Deutonymphen befand. Auch diese Art kommt häufig in Kompost- und Misthaufen vor. Durch Phoresie (Cetonia- und Geotrupesarten, nach Hirschmann) können die Deutonymphen verschleppt werden. Die ausgewachsenen Milben kamen in geringerer Anzahl auch in den berieselten Wiesen- und Ackerböden vor, allerdings nur in den obersten Schichten (bis 8 cm). In den Trokkenbeeten fand ich sie auch in den Proben von 10—25 cm Tiefe. Die Entwicklungsstadien konnten in diesen Proben nur ganz selten festgestellt werden.

Die vorgenannten Arten stellten in den berieselten Gebieten den größten Anteil an der Milbenpopulation. Die folgenden kamen in weit geringerer Anzahl vor, so die Parasitide *Eugamasus fimetorum* (Berl.), deren Entwicklungsstadien nur in den ein- und zweijährigen Trockenbeeten zu finden waren. Die Zahlen der ausgewachsenen Tiere nahm von den einjährigen zu den dreijährigen Trockenbeetparzellen zu, so daß die Entwicklung dieser Milbe wohl von den einjährigen Beeten ausging. Diese Art war überhaupt sehr streng an die Trockenbeete gebunden und daher auf den übrigen Rieselfeldparzellen nicht anzutreffen. Auch *Eugamasus fimetorum* gilt ja als eine ausgesprochen mistbewohnende Milbe.

Die beiden Arten *Neuteria breviunguiculata* (Will.) und *Alliphis siculus* (Oud.) hatten ihre Hauptverbreitung in den dreijährigen stark verrotteten Trockenbeeten. In den ein- und zweijährigen waren sie äußerst selten zu finden. Nach den bisher bekannten Vorkommen sind diese Milbenarten wohl nicht mehr als ausgesprochene Dungmilben zu bezeichnen. *Neuteria breviunguiculata* kommt nach Hirschmann mehr in Komposthaufen, Mulm-, Klee- und Queckenhaufen, faulenden

Kastanien, Maulwurfs- und Hummelnestern vor. Ähnliches gilt wohl für *Alliphis siculus*. Beiden gemeinsam ist aber, daß sie auch in Wiesen- und Weideböden, sowie in Ackerböden vorkommen. Dies trat auch bei den Untersuchungen auf den Rieselfeldern zutage. Ich fand sie sowohl in den berieselten Wiesenböden wie auch in den berieselten Ackerböden, in den letzteren sogar ziemlich häufig und bis zu 25 cm tief.

Eine Milbenart, die in sämtlichen untersuchten Gebieten vorkam, war die Oribatide *Zygoribatula frisiae* (Oud.). Nach Sellnick (schr. Mitt.) ist diese Milbe in Holland in Moos gefunden worden. Es ist unsicher, ob sie in Deutschland schon festgestellt worden ist. Diese Art war in den berieselten Wiesen- und Ackerböden nicht selten, sie war aber die einzige Art, die in den unberieselten Vergleichsflächen regelmäßig und in größerer Anzahl vorkam, hin und wieder zusammen mit einzelnen Individuen der Art *Caloglyphus michaeli* (s. o.).

Als letzte Milbenart, die in gleichbleibend häufiger Anzahl auftrat, wäre *Histiosoma sapromycarum* zu nennen. Diese Milben besiedelten hauptsächlich die Trockenbeete und berieselten Wiesenböden. Sie erreichten von den genannten Arten die geringste Besiedlungsdichte. *Histiosoma sapromycarum* wurde bis jetzt in Mulm und faulenden Pflanzenstoffen gefunden. Auf den Rieselfeldern war sie am häufigsten in den dreijährigen Trockenbeeten, da dieses Substrat ihren Ansprüchen wohl am meisten entgegenkam.

Wenn man die Häufigkeit der gefundenen Milben in den einzelnen Rieselfeldbeeten vergleicht, so erkennt man, daß hier der Schwerpunkt in den Trockenbeeten lag. Als einzige Art bewohnte *Scutacarus longitarsus* hauptsächlich die frischen einjährigen Schlammtrockenbeete, die äußerst feucht waren und daher eigentlich in bezug auf das Porenvolumen und die Bodendurchlüftung sehr schlechte Bedingungen mit sich brachten, wenn man hier überhaupt von Boden sprechen kann. Daß diese Art hier vorkommt, ist erstaunlich, da sie ja, wie schon erwähnt, sonst nur aus Moos und faulendem Laub bekannt ist.

Für die anderen Arten, wie *Caloglyphus michaeli, Macrocheles merdarius* und *Eugamasus fimetorum* liegt die Erklärung für die Verbreitung in den Rieselfeldböden auf der Hand: diese Arten finden als ausgesprochene Mistmilben hier ihren günstigsten Lebensraum vor. Ähnlich verhält es sich mit den Arten *Neuteria breviunguiculata, Alliphis siculus* und *Histiosoma sapromycarum*, jedoch bevorzugen diese schon mehr die stark umgesetzten dreijährigen Schlammtrockenbeete. Sie sind mehr Tiere des nicht ganz so feuchten Kompostes, bevorzugen aber doch wie die vorgenannten Arten mehr die Rieselfeldparzellen. Am auffälligsten ist dies bei der Oribatide *Zygoribatula frisiae*, die in den Schlammtrockenbeeten und den berieselten Wiesen

und Äckern kaum vorkommt, sondern nur in den unberieselten, trockneren Wiesen- und Ackerböden. Dafür sind hier fast überhaupt keine der feuchtigkeitsliebenden Dungtiere.

Die Besiedlung der berieselten Wiesenflächen mit Milben ist äußerst schlecht. Hier ist der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens zu hoch, so daß, wie auch bei den anderen Tiergruppen, keine starken Populationen entstehen können.

Bei der Beurteilung des bodenbiologischen Wertes der Milben muß man die Ernährungsweise der einzelnen Arten berücksichtigen, denn Tiere, die sich räuberisch ernähren, kann man bodenbiologisch nicht unbedingt positiv bewerten, da sie z. B. die saprophagen Bodentiere stark dezimieren können und damit eine gute Verarbeitung des anfallenden Materials und Durcharbeitung des Bodens nicht gewährleistet ist. Als räuberische Milben kommen z. B. in den Trockenbeeten die Parasitiden (Macrocheles und Eugamasus) in Frage. Außerdem soll *Alliphis siculus* nach Hirschmann ein Nematodenfresser sein. Bei den extremen Lebensbedingungen, die hier auf den Rieselfeldgebieten herrschten, konnte es durchaus möglich sein, daß die Populationen der räuberischen Arten höher lagen als z. B. die der saprophagen. Das Verhältnis stand jedoch ungefähr 1 : 1.

Neben den genannten traten vereinzelt andere Milbenarten in den Bodenproben auf, aber so selten und nur in einzelnen Exemplaren, daß ich glaubte, sie vernachlässigen zu können. Bei einem Vergleich der Milbenfunde von Frenzel (1936), Franz (1953) und Leuthold (1961) mit den Ergebnissen der Rieselfeldböden fällt die große Artenarmut auf. Andererseits sind von diesen Arten zum Teil hohe Populationen vorhanden. Die Besiedlung durch solch eine Monotonfauna ist unbedingt ein Anzeiger für extreme ökologische Verhältnisse im Boden (s. auch Collembolen).

d) Collembolen

Die Collembolen waren auf den Rieselfeldern im Gesamttierbestand am häufigsten vertreten. Die Populationen schwankten in Zahl und Art bei den einzelnen Parzellen, je nachdem, wo ihnen die ökologisch am meisten zusagenden Lebensbedingungen hinsichtlich Temperatur, Feuchtigkeit, Porenvolumen u. a. geboten wurden.

Es ist erstaunlich, daß die Wiesenparzellen, trotz der schlechten Umweltbedingungen, von Bodentieren, also auch von Collembolen, besiedelt wurden. Nach meinen Beobachtungen konnten sich jedoch nur ganz wenige Arten auf die Dauer hier halten. Auf den berieselten Parzellen fand ich überall regelmäßig, aber in geringer Anzahl (durchschn. 10—15 Tiere/100 cm^3) die Art *Hypogastura purpurescens* (Lubock).

Dieser Collembole liebt feuchten, humusreichen Boden und ist im Normalfall wohl hauptsächlich in den oberen Schichten zu finden (Trockenbeete!). Es war mir anfangs nicht klar, wie H. purpurescens die Population auf den berieselten Wiesenparzellen aufrechterhalten konnte, aber direkte Beobachtungen ergaben, daß 1. eine Berieselung der Parzellen ja nicht schlagartig, sondern langsam und gleichmäßig erfolgt und 2. die Tiere durch ihre starke, kurze Beborstung sehr schwer benetzbar sind. Die Tiere dieser Art haben somit genügend Zeit, aus den oberen Bodenschichten zu fliehen. Hier konnte ich nun beobachten, wie sie sich auf dem hereinfließenden Abwasser treiben ließen und mehrfach die aus dem Wasser herausragenden Grashalme erkletterten. Ein Teil der Collembolen wird wohl auf diese Weise immer die Überschwemmungen überleben, doch zur Aufrechterhaltung der Population dürfte dies nicht ausreichen. Deshalb nehme ich an, daß doch ein großer Teil aus den benachbarten Wiesen, Äckern und Trockenbeeten nach Versickern des Klärwassers wieder zuwandert.

Es gelang mir leider nicht, genau festzustellen, wovon sich die überlebenden Collembolen ernährten, denn das Klärwasser stand oftmals tagelang auf den Wiesen. Ich konnte beobachten, daß sich die im Abwasser befindlichen Schwebestoffe an den Grashalmen festsetzten. Wahrscheinlich bildeten sich hier doch sehr schnell Algen oder Schimmelpilze, die von den Collembolen verwertet werden konnten. Diese Beobachtungen konnte ich nur an H. purpurescens machen, der Art, die die Hauptpopulation stellte.

Eine andere Art, *Proisotoma minuta* (Tullb.), die auf den berieselten Äckern und den Trockenbeeten häufig war, schien unter der Berieselung der Wiesen sehr stark zu leiden. *P. minuta* geht etwas tiefer in den Boden (8—10 cm) und wird deshalb vom überflutenden Abwasser stark geschädigt. Hinzu kommt hier noch ein schon angedeuteter Faktor, der auch für andere Collembolenarten, wie überhaupt für die Bodentierwelt der berieselten Wiesen in Betracht kam, nämlich das äußerst geringe Porenvolumen des Bodens. Arten, wie z. B. *Tullbergia krausbaueri* (Börner) und *Isotomodes productus* (Axelson), die in Wiesenböden allgemein verbreitet sind und dabei tiefer in den Boden gehen, wurden auf den berieselten Wiesen sehr selten gefunden und wenn, dann nur in den obersten Bodenschichten. Frenzel bezeichnet *Tullbergia krausbaueri* als typischen Bewohner der Wiesenböden, auch nach Leuthold ist er in den Wiesen regelmäßig anzutreffen. *Isotomodes productus* kann nach meinen Beobachtungen aus den benachbarten Äckern in die berieselten Wiesen eingewandert sein, denn dort fand ich die beiden Arten bedeutend häufiger und auch in größerer Tiefe (bis 20 cm). Dieser Lebensraum würde *I. productus* auch mehr entgegenkommen, da die Art als xero- und thermophil gilt. Letzteres wird

auch von *Folsomia fimetaria* (L.) angenommen, die in den berieselten Wiesenböden überhaupt nicht vertreten war, dafür aber zusammen mit *Tullbergia krausbaueri* und *Isotomodes productus* im unberieselten Wiesenboden vorkam. Hier stellten diese drei Arten den Hauptanteil der Collembolen. *Hypogastura purpurescens* war dafür sehr selten und *Proisotoma minuta* überhaupt nicht vertreten. Auch fehlte hier *Lepidocyrtus cyaneus* Tullb., der in den berieselten Wiesen des öfteren nachzuweisen war. Gisin bezeichnet ihn als Charakterart der Fettwiesen, Leuthold fand die Art nur in gedüngten Wiesenböden. Im allgemeinen war hier wieder festzustellen, daß die Besiedlung der Wiesen durch Collembolen vom Feuchtigkeitsgehalt und dem damit verbundenen Porenvolumen abhing. Die berieselten Wiesen waren wegen ihrer starken Nässe denkbar ungeeignet für eine dauerhafte gute Besiedlung, die unberieselten hingegen waren so trocken, daß auch hier die Collembolen keine hohen Zahlen erreichten. In beiden Gebieten waren die quantitativen Ergebnisse fast gleich, nur in der Artenzusammensetzung unterschieden sie sich stark voneinander. Eine Aufstellung der Arten nach der Häufigkeit in den beiden Untersuchungsgebieten ergibt folgendes Bild:

Berieselte Wiesen	Unberieselte Wiesen
Hypogastura purpurescens	*Tullbergia krausbaueri*
Lepidocyrtus cyaneus	*Isotomodes productus*
Tullbergia krausbaueri	*Folsomia fimetaria*
Isotomodes productus	*Hypogastura purpurescens*

Die Arten, die mehr Feuchtigkeit und stärker mit organischen Substanzen versehene Böden beanspruchen, kamen auf den berieselten Wiesen vor, die wärmeliebenden Arten, die auch mehr in tieferen Schichten vorkommen und einen lockeren Boden brauchen, waren im unberieselten Wiesenboden in der Mehrzahl.

Daß die Collembolen auf den untersuchten Parzellen sehr extremen Bedingungen unterworfen waren, sieht man auch an der geringen Zahl der Arten. Bei den Untersuchungen von Frenzel und Leuthold ergaben sich Zahlen zwischen 30—60 Arten, auf den Rieselfeldern fand ich nur 5 Arten.

Ähnlich verhielt es sich mit der Verbreitung der Collembolen auf den Ackerflächen. Hier stellte *Proisotoma* in gleichmäßiger Stärke die Hauptpopulation. Ich fand die Tiere nach Beendigung der Berieselung (März) und der Bodenbestellung bis zu 20 cm Tiefe in dem meist trockenen, lockeren Boden. Die Art schien hier im Ackerboden ihre bevorzugte Lebensstätte zu haben, denn die Stärke der Population übertraf weit die der Trockenbeete und vor allem der berieselten Wiesen, auf denen sie ja fast gar nicht vorkam. Dafür trat die auf den letztgenann-

ten Untersuchungsflächen dominierende Art *Hypogastura purpurescens* auf den Ackerflächen an die zweite Stelle. Sie scheint doch mehr feuchte und verrottende Substrate zu bevorzugen, wohingegen *Proisotoma minuta* mehr eine Art der normalen Wiesen und Äcker sein dürfte und dort im natürlichen Bestandesabfall ihre Verbreitung hat.

Interessant war die Tatsache, daß ich die Art *Neanura muscorum* (Templeton) hier im trockenen Ackerboden fand und sie auch später in den feuchten zwei- und dreijährigen Trockenbeeten feststellen konnte. Die so verschiedenartigen Untersuchungsgebiete lagen 2—300 m auseinander. Ich fand die Tiere nicht nur nach der Berieselung der Äcker, also im Frühjahr, sondern auch im Sommer und frühen Herbst, wenn der Boden bedeutend trockener war als auf den Schlammtrockenbeeten. Die mit Rüben bestellten Äcker wurden des öfteren durchgehackt, jedoch wurde das Unkraut liegengelassen und bildete nun einen langsam faulenden Bestandesabfall. Aus diesem Grunde konnte sich auch *Neanura muscorum* hier halten.

Ein ganz anderes Bild ergaben auch die Collembolenarten, von denen bekannt ist, daß sie wärmeliebender sind und lockeren porösen Boden bevorzugen, bei dem sie in tiefere Schichten eindringen können. Die Arten *Tullbergia krausbaueri* und *Isotomodes productus* waren in den berieselten Ackerböden bedeutend häufiger als in den berieselten Wiesen und Schlammtrockenbeeten, obwohl die Tiere ja unter der jährlichen Bestellung der Äcker zu leiden hatten und zusätzlich noch in der ungünstisten Jahreszeit durch die Berieselung aus dem Boden getrieben wurden. Die Populationen konnten sich erst zum Spätsommer und Herbst hin erholen.

Als weitere Collembolenarten fand ich regelmäßig, aber in geringer Anzahl *Folsomia fimetaria* und *Lepidocyrtus cyaneus*. Die erstere Art hatte ich nur noch in den unberieselten Wiesen häufiger gefunden. *Lepidocyrtus cyaneus,* den ich auf den berieselten Wiesen regelmäßiger festgestellt hatte, war auf den berieselten Äckern sehr selten vorhanden, obwohl er im Ackerboden durchaus vorkommen soll.

Im Vergleich mit den unberieselten Ackerflächen konnte ich die Beobachtung machen, daß die Arten *Tullbergia krausbaueri* und *Isotomodes productus* den Hauptanteil der Collembolen stellten, daher auch zumeist erst im Spätsommer gelang.

Außerdem ließ sich hier im Frühjahr schon eine sich aufbauende Population feststellen, im Gegensatz zu den berieselten Äckern, wo sich die Arten wie *Tullbergia krausbaueri* und *Isotomodes productus* erst wieder von der winterlichen Berieselung erholen mußten, was ihnen quantitativ höher lagen als auf den berieselten Äckern, daß aber die Gesamttierzahl der Collembolen unter der der berieselten Äcker blieb.

Extreme Bedingungen stellten die Schlammtrockenflächen auch an die Collembolen. Die Besiedlung der neu eingerichteten Trockenbeete wurde den Springschwänzen wie auch den übrigen Bodentieren sehr erschwert, da diese Parzellen am Anfang mehrmals hintereinander mit Klärschlamm überschichtet wurden. Erst als die Beete stillagen und anfingen auszutrocknen, begann eine zaghafte Besiedlung von den Rändern her. Die erste Collembolenart, die in diesem organischen Material erschien, war *Hypogastura purpurescens,* eine Spezies, die feuchten, humusreichen Boden bevorzugt und daher auch in allen anderen Rieselfeldböden regelmäßig, wenn auch in schwankender Stärke, vorkam. Von diesen Gebieten aus wanderten die Tiere nach meinen Beobachtungen in die Trockenbeete ein. Versuche von Höller-Land (1959) haben ergeben, daß die Collembolen durchaus in der Lage sind, ihnen vorteilhaft erscheinende Böden aktiv aufzusuchen.

Eine zweite Art, die etwas später und in geringerer Zahl auftrat, war *Proisotoma minuta.* Dieses in ganz Mitteleuropa verbreitete Tier stellt gleichfalls eine Humusform dar, die im stickstoffreichen pflanzlichen Bestandesabfall oft massenhaft auftreten kann. Hier auf den einjährigen Trockenbeeten waren jedoch, wie schon erwähnt, der Ausbreitung Grenzen gesetzt. Der Klärschlamm bot auch nach dem Stilllegen der Beete noch keine Unterschlupfmöglichkeiten. Außerdem wären diese durch die große Nässe auch nicht besiedelbar gewesen, da die Luftkapazität eines solchen „Bodens" gleich Null ist.

Die Tiere hielten sich anfangs, d. h. im Frühjahr, meist an den trockneren Randpartien auf und wanderten dann im Laufe des Sommers, wenn größere zusammenhängende Flächen abgetrocknet waren, in die Mitte des Beetes ein. Sie lebten praktisch erst auf dem Substrat (bis 1 cm tief), um dann später in das poröse Innere einzudringen. Ich habe die Beobachtung machen können, daß die stark pigmentierte Art *Hypogastura purpurescens* nicht ausgesprochen phototaktisch negativ eingestellt war. Die Tiere liefen am Tage in den Spalten des Substrates umher oder bewegten sich sogar über die Oberfläche kleiner Abwassertümpel. Natürlich wird das damit zusammenhängen, daß die Tiere überhaupt nicht in die Tiefe eindringen konnten. Um so erstaunlicher ist es, daß sie die Umstellung von den grasbestandenen Parzellenrändern auf die bloßen Schlammflächen fertigbrachten. Strebel (1932) zeigte allerdings durch Versuche, daß Collembolen zum Licht gehen, wenn ihnen dort günstigere Verhältnisse geboten werden, z. B. eine höhere Feuchtigkeit oder ein besseres Nahrungsangebot. Im allgemeinen ist also wohl die positive Hydrotaxis größer als die negative Phototaxis. Schaller (1950) hielt in seinen Zuchten die Collembolen auch bei Dauerlicht, um sie besser beobachten zu können. Es ist hiermit gezeigt, daß ausgesprochene Bodentiere, wie die genannten Collem-

bolen, die ich später auch in Tiefen bis zu 25 cm fand (s. u.), sich unter bestimmten Bedingungen an das Licht gewöhnen können.

Im Frühjahr des zweiten Jahres hatte sich das Trockenbeetmaterial soweit verändert, daß sich die Umweltfaktoren für eine Besiedlung besser eigneten. Zwar konnten die Niederschläge im Frühjahr den Boden immer noch in einen schlammigen Zustand versetzen, aber allmählich trockneten doch die oberen 10 cm soweit aus, daß das jetzt poröse Material Möglichkeiten für das Eindringen der Collembolen in den Boden bot. Die Populationen von *Hypogastura purpurescens* und *Proisotoma minuta* nahmen sehr stark zu. 14 Proben ergaben beim einjährigen Trockenbeet 36 Individuen, beim zweijährigen 5565 Individuen pro Jahr (s. Tab. 1). Die weit größere Population stellte auch hier wieder *Hypogastura purpurescens*. Das Verhältnis zu *Proisotoma minuta* stand etwa 20 : 1.

Als dritte Collembolenart fand ich hier in den Proben die schon erwähnte Art *Neanura muscorum*, jedoch lag die Zahl der Tiere weit unter der der anderen beiden Arten. Als Lebensstätten sind für diesen Collembolen moderndes Holz und Moos sowie Nadel- und Laubstreu angegeben, jedoch kommt er auch in faulenden Vegetabilien vor (s. Acker).

Die Collembolen befanden sich auf den zweijährigen Beeten hauptsächlich in den obersten 10 cm der abgetrockneten Schlammschicht, da das Substrat darunter noch flüssig war. Es bildete einen dicken schwarzen, nach Faulgas riechenden Schlamm. Allmählich machten sich im zweijährigen Trockenbeet doch Verrottungsprozesse bemerkbar, die auch an Hand der Besiedlung durch neue Collembolenarten in Erscheinung traten. So fand ich jetzt vereinzelt, aber regelmäßig, *Lepidocyrtus cyaneus* und vorübergehend *Tullbergia krausbaueri*. Letzterer verschwand mit zunehmender „Durchtrocknung" des Klärschlammes. Nach Beobachtungen von Höller-Land greift *Tullbergia krausbaueri* erst spät in den Rotteprozeß ein, außerdem bevorzugt diese Art feinporige, enge Räume und verschwindet wohl, wenn der Boden, wie hier, lockerer wird. Ich fand *T. krausbaueri* regelmäßig in den berieselten Wiesen und Äckern, allerdings auch nur in der obersten Schicht und nicht in größeren Tiefen, wie oft beschrieben. Diese Böden kamen wohl seinen Ansprüchen mehr entgegen, obwohl hier wieder andere negative Umwelteinflüsse vorhanden waren.

Im dritten Jahr hatten sich die Trockenbeete grundlegend verändert (s. Untersuchungsgebiet). Der Verrottungsprozeß hatte voll eingesetzt und war am Ende des Jahres bis zu 30 cm Tiefe einigermaßen beendet. Auffallend war jetzt, daß die Population von *Hypogastura purpurescens* zurückging und die von *Proisotoma minuta* stieg, allerdings bei gleich-

zeitig stark abfallender Collembolengesamtzahl (s. Abb. 14). *P. minuta* liebt an und für sich trocknere Lebensräume. Dies mag auch die Ursache für das Ansteigen der Population sein, denn der Trockenschlamm war jetzt sehr porös geworden und ließ eine gute Bodendurchlüftung zu. Zu diesem Zeitpunkt stiegen auch die Zahlen von *Lepidocyrtus cyaneus* leicht an, der nach Franz (zit. nach Höller-Land) ein Bewohner trockener offener Gelände ist und nach Gisin als hydrophob bezeichnet werden kann.

Vereinzelt fand ich auch immer wieder *Neanura muscorum,* aber ich hatte den Eindruck, daß diese Art auf dem verrottenden Klärschlamm nie recht Fuß fassen konnte, auch nicht auf den dreijährigen Beeten. Obwohl das organische Material hier in den oberen Schichten völlig kompostiert war, mußte man doch berücksichtigen, daß in 30 bis 50 cm Tiefe noch eine starke Faulschicht bestand, die sich wohl auch noch auf die darüberliegenden Schichten negativ auswirkte. *Hypogastura purpurescens* und *Proisotoma minuta* waren allerdings bis zu diesen Tiefen festzustellen, und zwar in größerer Anzahl. Aber das geringe Artenspektrum auf den Trockenbeeten (5 Arten) zeigt m. E., daß der Schlamm noch nicht genug umgesetzt war. Eine Beobachtung in das vierte Jahr hinein war nicht möglich, da dann die von mir kontrollierten dreijährigen Beete ausgebaggert und der Trockenschlamm an landwirtschaftliche Betriebe verkauft wurde.

e) Ein Vergleich des Milben- und Collembolenauftretens

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Stärke des Auftretens der Milben- und Collembolen in den einzelnen Böden und ihre gegenseitige Beeinflussung. Die Untersuchungen vieler Autoren (Frenzel 1935, Strenzke 1947, Tischler 1953, Leuthold 1961) haben ergeben, daß die Bodenfeuchtigkeit der ausschlaggebende Faktor für die Bodentierwelt ist. Aus diesem Grunde ergeben sich für die einzelnen Populationen typische Jahreskurven, die je ein Maximum im Frühjahr und Herbst und ein Minimum im Sommer aufweisen, da der Temperaturverlauf in unseren Breiten im Frühjahr und Herbst am günstigsten ist, im Sommer jedoch der Boden meist sehr stark austrocknet, so daß die Bodentierwelt teilweise ausstirbt oder zu Vertikalwanderungen gezwungen ist.

Daß dies jedoch nicht immer der Fall zu sein braucht, zeigten z. B. die Arbeiten von Höller und Höller-Land (1962), bei deren Untersuchungen auf Dauerdüngungsgebieten der Höhepunkt sowohl bei den Milben wie bei den Collembolen im Sommer lag. Auf Grund verschiedener Faktoren, die nicht nur die Niederschläge zu betreffen brauchen, können die Tiere in ihrem Maximalauftreten ganz unter-

schiedlich reagieren. So dürfte z. B. auch der Zustand des umzusetzenden Materials, ganz gleich, ob es sich dabei um Dung, Kompost oder natürlichen Bestandesabfall handelt, von Wichtigkeit sein, denn das Durchlaufen der verschiedenen Abbaustufen des Substrates zieht ja schon wieder verschiedene Tiergruppen bzw. -arten an. Auch der Bodenzustand ist von Wichtigkeit, wobei natürlich zuerst an Körnchengröße, Porenvolumen und Bodendurchlüftung gedacht wird, aber ebenso wichtig scheint eine Bodenruhe für die Bodentierwelt zu sein, denn Untersuchungen auf Wiesen- und Weidengebieten ergaben zumeist einen anderen Kurvenverlauf als die von Ackerböden, bei denen man sofort den Zeitpunkt der Frühjahrsbestellung und der Ernte ablesen konnte, da durch diese beiden Maßnahmen die Bodentierwelt sehr stark beeinflußt wird.

Von den Rieselfeldparzellen waren die Trockenbeete relativ ungestört. Abbildung 9 zeigt die beginnende Besiedlung des einjährigen Trockenbeetes durch die Milben. Wie schon erwähnt, wird dieses Vorgehen durch eine sich anfangs wiederholende Überschichtung der Fläche mit frischem Schlamm stark behindert und die Tiere können sich erst im Juli bis August ausbreiten. Dies kann dann allerdings sehr plötzlich geschehen (s. Abb. 9), jedoch wird die starke Zunahme hier im September hauptsächlich von der Art *Scutacarus longitarsus* hervor-

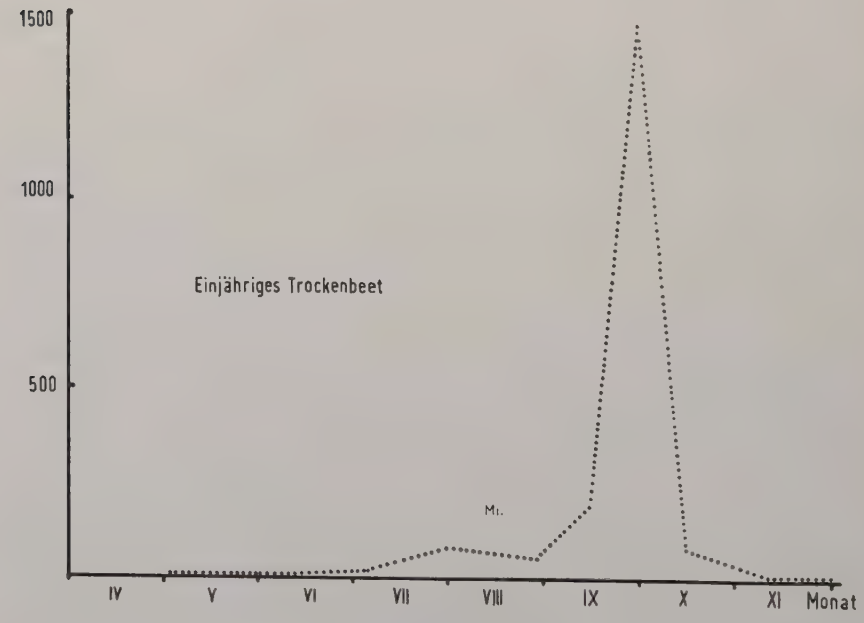

Abbildung 9

Zusammen mit *Stratiolaelaps miles* besiedelte die Parasitide *Macrocheles merdarius* (Berl.) die einjährigen Trockenbeete, kam aber auch ebenso häufig in den zweijährigen vor. Zum dreijährigen Trockenbeet hin brach aber dann die Besiedlung vollständig ab. Nach Hirschmann ist *Macrocheles merdarius* eine unserer verbreitetsten Stallmistmilben, die demzufolge auch häufig den mit diesem Dünger versehenen Boden bewohnt. In den berieselten Wiesen- und Ackerböden waren diese Tiere nur sehr spärlich vorhanden, in den unberieselten Vergleichsböden überhaupt nicht. Die Trockenbeete entsprachen hier einem Dunghaufen und man könnte wohl eine Besiedlung der anderen Flächen erreichen, wenn man auf diesen den Trockenschlamm unterpflügen würde.

Die neben den beiden genannten Arten häufigste Milbe in den Trockenbeeten war die Tyroglyphide *Caloglyphus michaeli* (Oud.). Die Population dieser Art setzte erst in den zweijährigen Beeten ein und erreichte ihren Höhepunkt in den dreijährigen, in denen sich auch ein sehr hoher Prozentsatz von Deutonymphen befand. Auch diese Art kommt häufig in Kompost- und Misthaufen vor. Durch Phoresie (Cetonia- und Geotrupesarten, nach Hirschmann) können die Deutonymphen verschleppt werden. Die ausgewachsenen Milben kamen in geringerer Anzahl auch in den berieselten Wiesen- und Ackerböden vor, allerdings nur in den obersten Schichten (bis 8 cm). In den Trockenbeeten fand ich sie auch in den Proben von 10—25 cm Tiefe. Die Entwicklungsstadien konnten in diesen Proben nur ganz selten festgestellt werden.

Die vorgenannten Arten stellten in den berieselten Gebieten den größten Anteil an der Milbenpopulation. Die folgenden kamen in weit geringerer Anzahl vor, so die Parasitide *Eugamasus fimetorum* (Berl.), deren Entwicklungsstadien nur in den ein- und zweijährigen Trockenbeeten zu finden waren. Die Zahlen der ausgewachsenen Tiere nahm von den einjährigen zu den dreijährigen Trockenbeetparzellen zu, so daß die Entwicklung dieser Milbe wohl von den einjährigen Beeten ausging. Diese Art war überhaupt sehr streng an die Trockenbeete gebunden und daher auf den übrigen Rieselfeldparzellen nicht anzutreffen. Auch *Eugamasus fimetorum* gilt ja als eine ausgesprochen mistbewohnende Milbe.

Die beiden Arten *Neoteria brevunguiculata* (Will.) und *Alliphis siculus* (Oud.) hatten ihre Hauptverbreitung in den dreijährigen stark verrotteten Trockenbeeten. In den ein- und zweijährigen waren sie äußerst selten zu finden. Nach den bisher bekannten Vorkommen sind diese Milbenarten wohl nicht mehr als ausgesprochene Dungmilben zu bezeichnen. *Neoteria brevunguiculata* kommt nach Hirschmann mehr in Komposthaufen, Mulm-, Klee- und Queckenhaufen, unter den

Im ganzen ausgezüchtet: zehn Dipterenarten, die auf dieser Weide gefunden und bestimmt.

In den berieselten Wiesenboden fand ich an Dipterenlarven hauptsächlich Vertreter der Nematoceren. Vorherrschend waren die Larven der „Ringelmücke" (Orthocladiinae) mit der Art *Pseudosmittia simplex* Strenzke. Die Larven waren das ganze Jahr über regelmäßig in den Bodenproben enthalten, und zwar in den mittleren Schichten zwischen 10 bis 20 cm. Bei *Pseudosmittia simplex* handelt es sich um eine Art, deren Larve als Leitform der tiefen humusreichen Bodenschichten von Wiesen und Laubwäldern angesehen wird. Es wird im Schrifttum aber nichts darüber gesagt, ob sie auch in sehr feuchten Böden vorkommt.

Leider konnte ich einige weitere Larvenarten, die gleichfalls in diesen Wiesenböden vorkamen und zur Gruppe der Brachyceren gehörten, im Labor nicht zum Schlüpfen bringen. Ich mußte deshalb auf eine Bestimmung verzichten.

Man hatte auch hier wieder bei den Dipteren den Eindruck, daß die Berieselung die Larven der terrestrisch lebenden Arten stark schädigt und es zu keiner oder nur schlechten Besiedlung kommen läßt. Nach Beobachtungen von Franz (1953) an Überschwemmungsböden von Flußniederungen überdauern Insektenlarven diese negativen Umwelteinflüsse besser als z. B. Collembolen und Milben. Allerdings handelt es sich dabei naturgemäß immer um kurzfristige und einmalige Überschwemmungen, die sich nie im Jahr so oft wiederholen wie hier auf den berieselten Wiesen. Nach Untersuchungen von Kupka und Schaerffenberg (1947) können Insektenlarven, wie Engerlinge, Elateriden- und Tipulidenlarven, unter starkem Wassereinfluß längere Zeit am Leben bleiben. Sie quellen dabei allerdings auf und fallen zum Teil in eine Art Starre. Durch einsetzende anoxybiotische Prozesse können diese Arten die erstickende Wirkung des Wassers bei kürzeren Überschwemmungen überstehen. Es muß aber dazu gesagt werden, daß Engerlinge und Elateridenlarven in größeren Tiefen leben und ohnehin einen geringeren Sauerstoffbedarf haben. Ich habe von den erwähnten untersuchten Tieren nichts in den Wiesenböden gefunden, so daß ich keine vergleichenden Beobachtungen anstellen konnte. Eine längere und regelmäßige Bewässerung dürften aber nur Arten überdauern, die schnell beweglich sind und sich aus der Gefahrenzone begeben können oder solche, deren Vorkommen und Lebensweise an feuchte Biotope angepaßt ist.

In den berieselten Ackerböden machte sich auch bei den Dipteren, wie bei den anderen besprochenen Gruppen, die große Trockenheit des Bodens als hemmender Faktor bemerkbar. [illegible] fand ich auf den

Gründen in bezug auf den Regenwurmbesatz der Äcker von einer Reliktfauna. Die Enchytraeiden sollen im allgemeinen klimatisch ungünstigere Umstände vertragen.

Eine jahreszeitliche Schwankung der Populationen in den einzelnen Untersuchungsgebieten konnte nicht festgestellt werden. Dazu war auch das erlangte Zahlenmaterial zu gering.

Im Zusammenhang mit den anderen untersuchten Bodentiergruppen ergab sich, daß die Enchytraeiden und Lumbriciden zu den in ihrer Individuenzahl am stärksten reduzierten Tiergruppen der Rieselfeldböden gehören. Ein Ineinandergreifen von ungünstigen Gegebenheiten auf den einzelnen Untersuchungsgebieten, wie schlecht verwertbares Substrat trotz guter Bodendurchlüftung und Feuchtigkeit (Trockenbeet) oder schlechte Bodendurchlüftung wegen stauender Nässe und Zusammenschwemmung des Bodens (Wiese) oder drittens zu trockener Boden in Zusammenhang mit einer Bearbeitung und einer Berieselung im Winter (Acker) lassen eine gute Besiedlung nicht zu. Doch gerade diese beiden Tiergruppen sind für einen gesunden Boden so äußerst wichtig. Bilden sie doch oft erst die Existenzgrundlage für die anderen Bodentiere, wie Collembolen und Milben, die zumeist auf gute Bodendurchlüftung usw. angewiesen sind.

c) Acarinen

Die quantitativen Untersuchungen zeigten, daß die Milben (42,1 %) in bezug auf die von mir erfaßten Fauna hinter den Collembolen (51 %) an zweiter Stelle standen. Allerdings ergaben sich innerhalb der einzelnen Untersuchungsgebiete starke Unterschiede zwischen den Collembolen- und Milbenpopulationen.

So wurden die frischen Trockenbeete im ersten Jahr überhaupt nur von den Milben besiedelt. Die Tiere drangen vom Rande her auf den abgetrockneten oberen Schichten zur Mitte der Parzellen vor. Erstaunlicherweise bildete hier *Scutacarus longitarsus* Berl., eine Art, die nach Frenzel (1936) hauptsächlich in Moos vorkommt, eine sehr starke Population aus. So ergaben sich im Oktober 1961 (s. Abb. 12) 5 Parallelproben einen Durchschnitt von 1500 Tieren pro 100 ccm. Diese Art kam fast ausschließlich in den einjährigen Schlammtrockenbeeten vor, in den zweijährigen war sie nur noch spärlich anzutreffen. Anscheinend stellt die Gattung Scutacarus sehr hohe Ansprüche an die Bodenfeuchtigkeit. Allerdings hatten m. E. die zweijährigen Trockenbeete, welche noch den Wassergehalt eines [illegible] Moosrasen, [illegible] bei gleichmäßiger Temperatur und Luftfeuchtigkeit die

Daß dies nicht von ungefähr kam, zeigte schon die Artzusammensetzung. Denn fast alle Arten stammten ursprünglich aus feuchten Biotopen, so *Trogophloeus bilineatus* (s. o.) und *Tr. rivularis* Motsch, die häufig an Uferrändern, überschwemmten Flächen und Schlammpfützen vorkommen. Ferner waren hier, hauptsächlich im zweijährigen Trockenbeet, *Trogophloeus pusillus* Grav. und *Platystethus cornutus* Grav. zu finden. Beide sind Schlammbewohner und kommen unter faulenden Vegetabilien vor.

Auf den mehr abgetrockneten zweijährigen und dreijährigen Trockenbeeten stellten sich dann die Staphyliniden *Oxytelus rugosus* F. und *Leptacinus batychrus* Gyll. ein. Ersterer ist nach Fischer (1958) von Natur aus ein Tier der Meeresküsten, kann aber auch auf Wiesen vorkommen. Im ersten Jahr meiner Untersuchungen fand ich ihn regelmäßig in den Proben der berieselten Wiese, allerdings war er dort nie so zahlreich wie in den Trockenbeeten. Die Lebensbedingungen für die Larven waren hier viel günstiger. Die Populationsdichte der Staphyliniden in den einzelnen Trockenbeeten war unterschiedlich. Der Feuchtigkeitsgehalt des Substrates bestimmte das Vorkommen einer oder mehrerer Arten und deren Vermehrung. In den einjährigen Beeten betrug die Anzahl durchschnittlich 30 Tiere pro 100 ccm Bodenprobe. Im zweijährigen Trockenbeet gingen die Zahlen auf durchschnittlich 10 pro 100 ccm zurück und im dreijährigen lagen sie bei 3 bis 5 Tieren. Auch hatten sich die Arten im Laufe der Zeit abgelöst. Ein Grund für diese Veränderungen ist schwer zu finden. Die Ernährungsbiologie der Staphyliniden und ihrer Larven ist noch nicht genügend erforscht. Es könnte sein, daß die saprophagen Arten mit zunehmender Abtrocknung und Umsetzung des Bodens zurückgehen und die sich zoophag ernährenden Arten nicht im gleichen Maße zunehmen, obwohl ihre Beutetiere sich immer stärker vermehrten. Die zoophagen Staphyliniden sollen ja in dieser Hinsicht ein unkontrolliertes Anwachsen des Milben-Collembolenkomplexes geradezu verhindern können. Dies war aber in den Trockenbeeten nicht zu beobachten.

Die bodenbiologische Bedeutung der erwähnten Käfer ist m. E. nicht groß, da die in Frage kommenden Arten [illegible] Körpergröße, eine Menge [illegible] sind jedoch meist zoophag und in dieser Eigenschaft bodenbiologisch [illegible] (Milben, Collembolen) ernähren.

e) Dipteren

Unter [illegible] als größere Bodentiere in Aufzuchtgläser [illegible] (siehe oben).

sich noch bei anderen Tiergruppen zeigen wird, die dauernde Berieselung und das geringe Porenvolumen des Bodens auch bei Nematoden eine Rolle spielt. Nach Franz (1953) gingen die Nematoden bei einer mit Kartoffelstärkewasser berieselten Fläche allgemein zurück bzw. wurden durch ganz bestimmte detritophile Arten ersetzt (Rhabditis und Diplogaster).

Die Äcker werden ja nur im Winterhalbjahr berieselt. Das regenreiche Frühjahr 1961 mag aber dazu beigetragen haben, daß der sonst schon im Mai recht trockene Acker noch längere Zeit Feuchtigkeit über dem sonstigen Durchschnitt besaß und den Nematoden noch günstige Lebensmöglichkeiten bot. Man darf allerdings nicht vergessen, daß bei der Bestellung der Ackerböden die Bodentierwelt sehr in Mitleidenschaft gezogen wird. Sonst wäre der Unterschied zwischen den berieselten Wiesen und Äckern wohl noch größer.

Innerhalb der unberieselten Flächen zeigte sich kein quantitativer Unterschied. Wie sich im Laufe der Arbeit herausstellte, waren die unberieselten Untersuchungsgebiete sehr arm an Bodentieren überhaupt, was sich auch in den geringen Funden von Nematoden widerspiegelt.

Wenn man nun die Ergebnisse der drei Monate für die einzelnen Untersuchungsgebiete vergleicht, ergeben sich interessante Schwankungen in der Populationsdichte. Der Höhepunkt der Entwicklung wird im Mai erreicht. Im August ist eine allgemeine Abnahme zu bemerken, der wieder ein gewisser Anstieg im Oktober folgt. Nach Meinung einiger Autoren (Micoletzki, de Man, siehe Frenzel) soll eine durch klimatische Ursachen hervorgerufene Periodizität bei Nematoden nicht vorkommen, da die Tiere schlechte Umweltbedingungen durch anabiotische Zustände überdauern können, wobei ihre Individuenzahl nicht reduziert wird. Bei der angewandten Aufschwemmmethode wären ja diese Nematoden wiederbelebt worden und wären so im Zahlenmaterial enthalten gewesen. Frenzel schreibt seine Ergebnisse der unregelmäßigen Verbreitung der Nematoden im Boden zu. Mit einer entsprechenden Probenanzahl und einer guten Durchmischung der Einzelproben kann man versuchen, diesen Fehler auszugleichen.

Die einzelnen Arten zu bestimmen war mir leider nicht möglich. Es war nur auffällig, daß sich beim Auszählen der einzelnen Proben Unterschiede im Verhalten der Tiere beobachten ließen. Die Nematoden aus dem einjährigen, sehr nassen Trockenbeet waren sehr schwimmfähig, die der zwei- und dreijährigen Trockenbeete bewegten sich mehr oder weniger schwerfällig schlangelnd durch das Substrat. Auch ein zunehmender Größenunterschied war festzustellen. Die

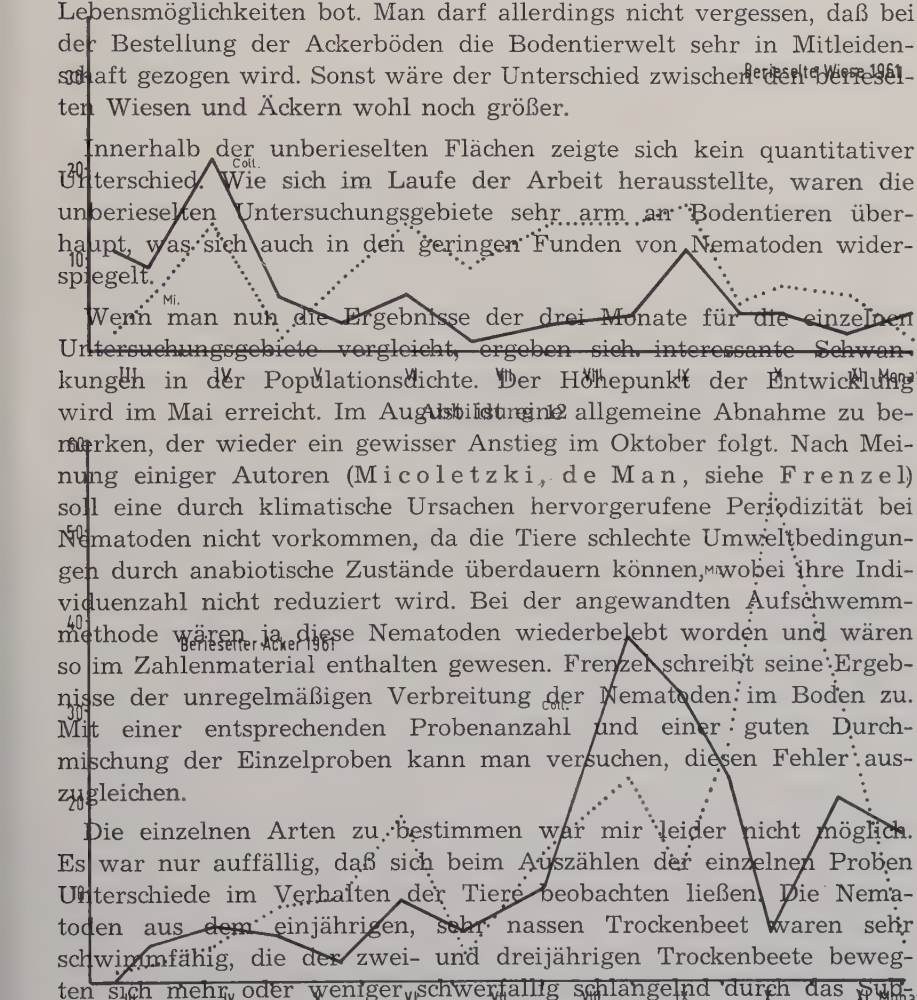

Abbildung 13

dum bei den Nematoden die üblichen Auslese-Methoden versagten oder nur sehr vage Ergebnisse zeitigten, wurden die Tiere direkt unter dem Binokular ausgezählt (s. Methode). Dabei mußte eine große Anzahl von Proben ausgezählt werden, um zu sicheren Zahlen zu kommen. Diese Durchschnittswerte der einzelnen Untersuchungsflächen wurden für bestimmte Monate in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

T a b e l l e 2: **Nematoden/1 g Bodenprobe**

Untersuchungsgebiet	Mai 1961	August 1961	Oktober 1961
1jähriges Trockenbeet	792	10	802
2jähriges Trockenbeet	14 000	264	284
3jähriges Trockenbeet	4 700	132	180
Berieselte Wiese	70	5	22
Unberieselte Wiese	2	—	1
Berieselter Acker	130	12	34
Unberieselter Acker	2	1	—

Die meisten Nematoden wurden in den Trockenbeeten mit ihrem fast nur aus organischem Material bestehenden Substrat gefunden. Beim einjährigen Trockenbeet zeigte sich eine erst beginnende Besiedlung. Wahrscheinlich wanderten die Nematoden von den angrenzenden Flächen in die Beete ein oder sie wurden in den Zuführungsgräben vom Schlamm mitgerissen und so in die Beete eingeschleppt. Es konnte aus technischen Gründen nicht festgestellt werden, ob nicht eventuell der Schlamm der Absitzbecken schon Nematoden enthielt. Bei der starken Verbreitung dieser Tiergruppe in den verschiedensten Lebensräumen wäre dies durchaus denkbar.

Die höchste Populationsdichte zeigte das zweijährige Trockenbeet. Das Angebot an faulendem Material und die mittlere Bodenfeuchtigkeit (der Boden war jetzt oberflächlich abgetrocknet) waren hier wohl ausschlaggebend.

Im dreijährigen Trockenbeet ging die Populationsdichte zurück. Die Umsetzung des Klärschlammes schritt immer mehr fort. Der Boden zeigte zu diesem Zeitpunkt schon erdhaften Charakter und war zu einem großen Teil mit einer Unkrautvegetation bedeckt.

Eine weit kleinere Populationsdichte ergab sich in den übrigen Böden. Das geringere Angebot an organischen Substanzen kam hier klar zum Ausdruck und es zeigte sich darüber hinaus der Unterschied zwischen berieselter und unberieselter Fläche. Die Anreicherung des Bodens mit Feuchtigkeit und organischem Material hatte ein Ansteigen der Populationsdichte zur Folge. Auffallend war allerdings der Unterschied zwischen den berieselten Wiesen und den berieselten Ackerflächen. Man sollte eigentlich annehmen, daß der Wiesenboden die größere Zahl an Nematoden besitzt. Es scheint, als ob hier, wie es

sind Durchschnittswerte von je 5 Parallelproben bis 10 cm Tiefe pro Entnahmedatum. Es sind darin nicht die Zahlen bis 25 cm Tiefe enthalten, die ich zu einem Vergleich auch noch hinzugezogen habe. Wenn man die Höchstwerte des dreijährigen Trockenbeetes nimmt, so ergibt sich bei den Milben für März eine Population von 380 000 Individuen pro Quadratmeter und 25 cm Tiefe, bei den Collembolen im April sogar eine Zahl von 420 000 Individuen pro qm und 25 cm Tiefe. Berücksichtigt man auch, daß gerade die Trockenbeete ein hohes Porenvolumen besitzen, so wird es doch klar, daß hier ein Lebensraummangel eintreten muß. Hierzu möchte ich Ergebnisse von F r e n z e l anführen. Dieser hatte auf den von ihm untersuchten Wiesen Höchstwerte bei den Milben zwischen 13 400 und 16 900 Individuen für 1 qm und 25 cm Tiefe und bei den Apterygoten zwischen 30 800 und 32 500 Individuen pro qm und 25 cm Tiefe. Er hielt diese Zahlen für kaum steigerungsfähig, da das Porenvolumen der Wiesenboden schon ausgenutzt war. Dieser Vergleich sollte zeigen, wie extrem hoch die Populationszahlen auf den Trockenbeeten lagen und daß es dadurch erklärlich ist, daß sich die einzelnen Gruppen nicht gleichmäßig behaupten können, sondern sich gegenseitig verdrängen.

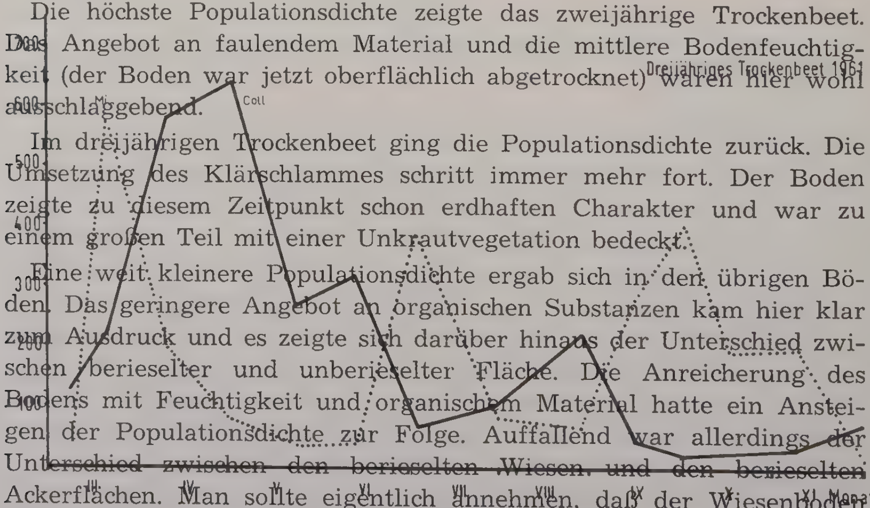

Abbildung 11

zeigt stark abfallender Collembolengesamtzahl (s. Abb. 14). *P. minuta* liebt an und für sich trocknere Lebensräume. Dies mag auch die Ursache für das Ansteigen der Population sein, denn der Trockenschlamm war jetzt sehr porös geworden und ließ eine gute Bodendurchlüftung zu. Zu diesem Zeitpunkt stiegen auch die Zahlen von *Lepidocyrtus cyaneus* leicht an, der nach Franz (zit. nach Höller-Land) ein Bewohner trockener offener Gelände ist und nach Gisin als hydrophob bezeichnet werden kann.

Vereinzelt fand ich auch immer wieder *Neanura muscorum*, aber ich hatte den Eindruck, daß diese Art auf dem vertrottenden Klärschlamm nie recht Fuß fassen konnte, auch nicht auf den dreijährigen Beeten. Obwohl das organische Material hier in den oberen Schichten völlig kompostiert war, mußte man doch berücksichtigen, daß in 30 bis 50 cm Tiefe noch eine starke Faulschicht bestand, die sich wohl auch noch auf die darüberliegenden Schichten negativ auswirkte. *Hypogastura purpurescens* und *Proisotoma minuta* waren allerdings bis zu diesen Tiefen festzustellen, und zwar in größerer Anzahl. Aber das geringe Artenspektrum auf den Trockenbeeten (5 Arten) zeigt m. E., daß der Schlamm noch nicht genug umgesetzt war. Eine Beobachtung in das vierte Jahr hinein war nicht möglich, da dann die von mir kontrollierten dreijährigen Beete ausgebaggert und der Trockenschlamm an landwirtschaftliche Betriebe verkauft wurde.

e) Ein Vergleich des Milben- und Collembolenauftretens

Interessant ist in diesem Zusammenhang die Stärke des Auftretens der Milben und Collembolen in den einzelnen Böden und ihre gegenseitige Beeinflussung. Die Untersuchungen vieler Autoren (Franz 1935, Strenzke 1947, Tischler 1953, Eidmann 1961) haben ergeben, daß die Bodenfeuchtigkeit der ausschlaggebende Faktor für die Bodentierwelt ist. Aus diesem Grunde ergeben sich für die Populationen typische Jahreskurven, die je ein Maximum im Frühjahr und Herbst und ein Minimum im Sommer aufweisen, da den Temperaturverhältnissen unserer Breiten entsprechend Frühjahr und Herbst am günstigsten sind, im Sommer jedoch der Boden meist sehr stark ausgetrocknet ist, so daß die Bodentierwelt teilweise ausstirbt oder zu Vertikalwanderungen gezwungen ist.

Daß dies jedoch nicht immer der Fall zu sein braucht, zeigen z. B. die Arbeiten von Höller und [illegible] (1962), [illegible] Untersuchungen auf Dauerdüngungsgebieten [illegible] sowohl bei den Milben wie bei den Collembolen ein Sommer[illegible] [illegible]

bolen, die ich später auch in Tiefen bis zu 25 cm fand (s. u.), sich unter bestimmten Bedingungen an das Licht gewöhnen können.

Daß auch die Bestellung der Äcker [illegible] Faktor auftritt, war an Hand der Bodenproben eindeutig festzustellen. [illegible] im Frühjahr [illegible] allerdings als [illegible] flächen mit Rüben [illegible] Bodenbedeckung bewirkten [illegible] Kleinarthropoden feststellen [illegible] Individuen [illegible] der Fall, da hier [illegible] Feuchtigkeit [illegible] Die Bodentiere müssen praktisch in jedem [illegible] neu besiedeln. Die Ergebnisse zeigen, daß dies besser vonstatten ging als bei den berieselten Wiesen, die das ganze Jahr über, mit Ausnahme der Frostperioden, unter der Einwirkung des Rieselwassers standen.

Einen besonderen Lebensraum stellen die sog. Schlammtrockenbeete dar, denn hier handelt es sich ja in bezug auf den Boden um ein „Kunstprodukt". Es war interessant zu beobachten, wie die einzelnen Tierarten, z. T. wiederum von den erhöhten Parzellenrändern aus, in dieses Substrat einwanderten. Auf Grund der besonderen Zusammensetzung des Materials ergab sich natürlich eine zusätzliche Besiedlung von anderer Seite her durch Dipteren und Coleopteren, die nicht permanente Bodentiere sind, sondern hier nur ihre Larven- und Puppenzeit durchmachen.

Der hohe Feuchtigkeitsgehalt und die beginnende Fäulnis und Gasentwicklung des Schlammes stellt ökologisch besondere Anforderungen an die Tiere. Diejenigen Arten, die sonst annähernd ähnliche Biotope (Dunghaufen, Kompost) bevorzugen, fanden sich hier auch zuerst ein (s. Dipteren). Andererseits kamen gerade unter den Coleopteren Arten vor, die allein schon durch den „gewässerartigen" Charakter der einjährigen Schlammtrockenbeete angezogen wurden (s. Coleopteren).

Auffallend war nach der allmählichen Abtrocknung der obersten Schichten eine beginnende Besiedlung [illegible] Kleinarthropoden [illegible] den größten Anteil (*Gamasiden* [illegible] *Macrocheles* [illegible], *Eugamasus fimetorum*), aber es kamen auch in größeren Mengen Arten [illegible] in diesem einjährigen Substrat nicht [illegible] wohnend beschriebene Milbe [illegible] *Zercon* [illegible] *triangularis* [illegible] zweijährigen Schlamm [illegible]

geschädigt werden. Die Neubesiedlung der Äcker erfolgte hier wieder von den Parzellenrändern her.

Im Frühjahr des zweiten Jahres hatte sich das Trockenbeet [illegible] soweit verändert, daß sich die [illegible] für eine Besiedlung besser eigneten. Zwar konnten die Niederschläge im Frühjahr den Boden immer noch in einen schlammigen Zustand versetzen, aber allmählich trockneten doch die oberen 10 cm soweit aus, daß das jetzt poröse Material Möglichkeiten für das Eindringen der Collembolen in den Boden bot. Die Populationen von *Hypogastura purpurescens* und *Proisotoma minuta* nahmen sehr stark zu. Die Proben ergaben in dem einjährigen Trockenbeet 36 Individuen, in dem zweijährigen 5565 Individuen pro Jahr (s. Tab. 1). Die weitaus größere Population stellte auch hier wieder *Hypogastura purpurescens*. Das Verhältnis zu *Proisotoma minuta* stand etwa 2 : 1.

Als dritte Collembolenart fand ich hier in den Proben die schon erwähnte Art *Neanura muscorum*, jedoch lag die Zahl der Tiere weit unter der der anderen beiden Arten. Als Lebensstätten sind für diesen Collembolen moderndes Holz und Moos sowie Nadel- und Laubstreu angegeben, jedoch kommt er auch in faulenden Vegetabilien vor (s. Äcker).

Die Collembolen befanden sich auf den zweijährigen Beeten hauptsächlich in den obersten 10 cm der abgetrockneten Schlammschicht, da das Substrat darunter noch flüssig war. Es bildete einen dicken schwarzen, nach Faulgas riechenden Schlamm. Allmählich machten sich im zweijährigen Trockenbeet doch Verrottungsprozesse bemerkbar, die auch an Hand der Besiedlung durch neue Collembolenarten in Erscheinung traten. So fand ich jetzt vereinzelt, aber regelmäßig, *Lepidocyrtus cyaneus* und vorübergehend *Tullbergia krausbaueri*. Letzterer verschwand mit zunehmender „Durchtrocknung" des Klärschlammes. Nach Beobachtungen von H o f f e r - L a n d greift *Tullbergia krausbaueri* erst spät in den Rotteprozeß ein, außerdem bevorzugt diese Art feinporige, enge Räume und verschwindet wohl, wenn der Boden, wie hier, lockerer wird. Ich fand *T. krausbaueri* regelmäßig in den berieselten Wiesen und Äckern, allerdings auch nur in den obersten Schichten und nicht in größeren Tiefen, wie oft beschrieben. Diese Böden kamen wohl seinen Ansprüchen mehr entgegen, obwohl hier wieder andere negative Umwelteinflüsse vorhanden waren.

Im dritten Jahr hatten sich die Trockenbeete grundlegend verändert (s. Untersuchungsgebiet). Der Verrottungsprozeß hatte voll eingesetzt und war am Ende des Jahres bis zu 30 cm Tiefe [illegible]. Auffallend war jetzt, daß die Population von *Hypogastura purpurescens* zurückging und die von *Proisotoma minuta* stieg, allerdings bei gleich-

auch von *Folsomia fimetaria* (L.) angenommen, die in den berieselten Wiesenböden überhaupt nicht vertreten war, dafür aber zusammen mit *Tullbergia krausbaueri* und *Isotomodes productus* im unberieselten Wiesenboden vorkam. Hier stellten diese drei Arten den Hauptanteil der Collembolen. *Hypogastura purpurescens* war dafür sehr selten und *Proisotoma minuta* überhaupt nicht vertreten. Auch fehlte hier *Lepidocyrtus cyaneus* Tullb., der in den berieselten Wiesen des öfteren nachzuweisen war. G i s i n bezeichnet ihn als Charakterart der Fettwiesen, L e u t h o l d fand die Art nur in gedüngten Wiesenböden. Im allgemeinen war hier wieder festzustellen, daß die Besiedlung der Wiesen durch Collembolen vom Feuchtigkeitsgehalt und dem damit verbundenen Porenvolumen abhing. Die berieselten Wiesen waren, wegen ihrer starken Nässe denkbar ungeeignet für eine dauerhafte gute Besiedlung, die unberieselten hingegen waren so trocken, daß auch hier die Collembolen keine hohen Zahlen erreichten. In beiden Gebieten waren die quantitativen Ergebnisse fast gleich, nur in der Artenzusammensetzung unterschieden sie sich stark voneinander. Eine Aufstellung der Arten nach der Häufigkeit in den beiden Untersuchungsgebieten ergibt folgendes Bild:

Berieselte Wiesen	Unberieselte Wiesen
Hypogastura purpurescens	*Tullbergia krausbaueri*
Lepidocyrtus cyaneus	*Isotomodes productus*
Tullbergia krausbaueri	*Folsomia fimetaria*
Isotomodes productus	*Hypogastura purpurescens*

Die Arten, die mehr Feuchtigkeit und stärker mit organischen Substanzen versehene Böden beanspruchen, kamen auf den berieselten Wiesen vor, die wärmeliebenden Arten, die auch mehr in tieferen Schichten vorkommen und einen lockeren Boden brauchen, waren im unberieselten Wiesenboden in der Mehrzahl.

Daß die Collembolen auf den untersuchten Parzellen sehr extremen Bedingungen unterworfen waren, sieht man auch an der geringen Zahl der Arten. Bei den Untersuchungen von Frenzel und Leuthold ergaben sich Zahlen zwischen 30–60 Arten, auf den Rieselfeldern fand ich nur 5 Arten.

Ähnlich verhält es sich mit der Verbreitung der Collembolen auf den Ackerflächen. Hier stellte *Proisotoma* in gleichmäßiger Stärke die Hauptpopulation. Ich fand die Tiere nach Beendigung der Berieselung (März) und der Bodenbestellung bis zu 20 cm Tiefe in dem meist trockenen, lockeren Boden. Die Art scheint hier im Ackerboden ihre bevorzugte Lebensstätte zu haben, denn die Stärke der Population übertraf weit die der Trockenbeete und vor allem der berieselten Wiesen, auf denen sie ja fast gar nicht vorkam. Dafür trat die auf den letztgenann-

dieser Collembole liebt feuchten, humusreichen Boden und ist im Normalfall wohl hauptsächlich in den oberen Schichten zu finden (Trockenbeete). Es war mir anfangs nicht klar, wie H. purpurescens die Population auf den berieselten Wiesenparzellen aufrechterhalten konnte, aber direkte Beobachtungen ergaben, daß 1. eine Berieselung der Parzellen ja nicht schlagartig, sondern langsam und gleichmäßig erfolgt und 2. die Tiere durch ihre starke, kurze Beborstung sehr schwer benetzbar sind. Die Tiere dieser Art haben somit genügend Zeit, aus den oberen Bodenschichten zu fliehen. Hier konnte ich nun beobachten, wie sie sich auf dem hereinfließenden Abwasser treiben ließen und mehrfach die aus dem Wasser herausragenden Grashalme erkletterten. Ein Teil der Collembolen wird wohl auf diese Weise immer die Überschwemmungen überleben, doch zur Aufrechterhaltung der Population dürfte dies nicht ausreichen. Deshalb nehme ich an, daß doch ein großer Teil aus den benachbarten Wiesen, Äckern und Trockenbeeten nach Versickern des Klärwassers wieder zuwandert.

Es gelang mir leider nicht, genau festzustellen, wovon sich die überlebenden Collembolen ernährten, denn das Klärwasser stand oftmals tagelang auf den Wiesen. Ich konnte beobachten, daß sich die im Abwasser befindlichen Schwebestoffe an den Grashalmen festsetzten. Wahrscheinlich bildeten sich hier doch sehr schnell Algen oder Schimmelpilze, die von den Collembolen verwertet werden konnten. Diese Beobachtungen konnte ich nur an H. purpurescens machen, der Art, die die Hauptpopulation stellte.

Eine andere Art, *Proisotoma minuta* (Tullb.), die auf den berieselten Äckern und den Trockenbeeten häufig war, schien unter der Berieselung der Wiesen sehr stark zu leiden. *P. minuta* geht etwas tiefer in den Boden (8—10 cm) und wird deshalb vom überflutenden Abwasser stark geschädigt. Hinzu kommt hier noch ein schon angedeuteter Faktor, der auch für andere Collembolenarten, wie überhaupt für die Bodentierwelt der berieselten Wiesen in Betracht kam, nämlich das äußerst geringe Porenvolumen des Bodens. Arten, wie z. B. *Tullbergia krausbaueri* (Börner) und *Isotomodes productus* (Axelson), die in Wiesenboden allgemein verbreitet sind und dabei tiefer in den Boden gehen, wurden auf den berieselten Wiesen sehr selten gefunden und wenn, dann nur in den obersten Bodenschichten. Frenzel bezeichnet *Tullbergia krausbaueri* als typischen Bewohner der Wiesenböden, auch nach Leuthold ist er in den Wiesen regelmäßig anzutreffen. *Isotomodes productus* kann nach meinen Beobachtungen aus den benachbarten Äckern in die berieselten Wiesen eingewandert sein, denn dort fand ich die beiden Arten bedeutend häufiger und auch in größerer Tiefe (bis 20 cm). Dieser Lebensraum würde *I. productus* auch mehr entgegenkommen, da die Art als xero- und thermophil gilt. Letzteres wird

Tabelle 4

Collembolen:	Beries. Wiese	Beries. Acker	1jähr. Tr.beet	2jähr. Tr.beet	3jähr. Tr.beet	Unber. Wiese	Unber. Acker
Lepidocyrtus cyaneus	2	1	—	2	3	—	1
Isotomodes productus	1	3	—	—	—	2	4
Tullbergia krausbaueri	1	3	—	1	—	3	4
Folsomia fimetaria	—	2	—	—	—	2	1
Proisotoma minuta	2	4	2	4	5	—	—
Hypogastura purpurescens	3	3	3	5	4	1	1
Neanura muscorum	—	2	—	2	2	—	—
Milben:							
Neuteria breviung.	2	3	1	1	3	2	—
Caloglyphus michaeli	2	2	3	4	—	—	—
Macrocheles merdarius	—	—	3	3	—	1	—
Alliphis siculus	2	3	1	1	3	1	1
Zygoribatula frisiae	2	2	1	1	1	3	3
Eugamasus fimetorum	—	—	2	2	3	—	—
Scutacarus longitarsus	—	—	5	2	—	—	—
Histiosoma sapromycarum	1	—	1	2	2	1	1

Auffallend war in diesem Zusamenhang, daß von den Lumbriciden offenbar kein Versuch zur Besiedlung der Trockenbeete unternommen wurde. Höller-Land (1959) berichtet, daß eine Besiedlung mit Regenwürmern erst beim sog. Kompostschlamm eintrat, der 7 Monate im Freien gelagert hatte und währenddessen viermal umgesetzt worden war. Der auch in den dreijährigen Trockenbeeten immer noch vorhandene Gehalt an Ammoniak und Schwefelwasserstoff scheint die Lumbriciden doch empfindlich zu stören. Außerdem ist m. E. die Trokkenbeetsubstanz noch nicht genug vorzersetzt, um den Regenwürmern als Nahrung dienen zu können.

Die untersuchten, nichtberieselten Anbauflächen erwiesen sich als nicht ideal für den eigentlich angestrebten Vergleich zwischen berieselten und unberieselten Gebieten, da ihre Böden keineswegs der durchschnittlichen Güte landwirtschaftlich genutzter Flächen entsprachen. Wie aus dem Kapitel „Geologische Verhältnisse“ zu entnehmen ist,

handelt es sich hier um den typisch märkischen Grundmoränenboden, der trotz Düngung kaum etwas von seinem ursprünglichen sandigen Charakter verloren hat. Es herrschten hier für die Bodentiere etwas andere, aber gleichfalls sehr ungünstige Umweltbedingungen. Hauptsächlich machte sich die starke Austrocknung des Bodens in den Sommermonaten bemerkbar. Ein normaler, fetterer Wiesen- und Ackerboden mit besseren Feuchtigkeitsverhältnissen hätte hier andere Vergleichsmöglichkeiten geboten. Die Tabellen 3 und 4 zeigen jedoch, daß unter den Collembolen die Arten *Isotomodes productus* und *Tullbergia krausbaueri,* die für diese Gebiete als charakteristisch gelten, hier auch trotz der oben erwähnten Umstände häufig vorkamen. Bei den Milben hatte nur *Zygoribatula frisiae* in den unberieselten Böden ihre Hauptverbreitung. Die dung- und kompostliebenden Arten waren recht spärlich vertreten. Hier würde wahrscheinlich eine gemäßigte Berieselung eine Besiedlung fördern.

Das Vorangesagte hat aufgezeigt, daß der Komplex Wasser und Porenvolumen auf den berieselten Feldern den größten Einfluß ausgeübt hat. Die Erwartung, daß hier auf Grund des starken Angebotes an organischem Material eine reiche Bodenfauna vorhanden sei, hat sich bei den mit Klärwasser beschickten Flächen nicht erfüllt. Allein durch die physikalischen Veränderungen des Bodens durch das Wasser wurde das Porenvolumen so gering und die Durchlüftung des Erdreiches entsprechend schlecht, daß den Bodentieren keine ausreichenden Besiedlungsmöglichkeiten geboten wurden. Gemessen an Untersuchungsergebnissen anderer Autoren ist hier die Bodentierwelt als eine stark verkümmerte Fauna zu bezeichnen.

Deshalb ist auch der Einfluß der Bodentierwelt auf den Reinigungseffekt der Rieselfelder sehr gering. Durch die Berieselung selbst ist hier schon eine Möglichkeit ausgeschaltet, da ja, wie die Untersuchungen zeigten, auf den stark berieselten Flächen die Bodentiere in geringer Anzahl vorhanden sind und daher kaum an der Reinigung des Abwassers beteiligt sein können.

Bei den Trockenbeeten zieht nur, nachdem der Schlamm aufgebracht ist, ein gewisser Prozentsatz des im Schlamm befindlichen Wassers in den Boden, der Rest verdunstet. Hier wäre auf Grund der großen Individuenzahlen eine Reinigung des Abwassers durch die Bodentiere möglich, aber gegenstandslos, da der Klärschlamm nur im Frühjahr auf die Beete gebracht wird.

Das Abwasser wird auf den Rieselfeldern hauptsächlich mechanisch gereinigt. In welcher Weise sich Bakterien und Pilze an einem Abbau organischen Materials beteiligen, entzieht sich meiner Kenntnis. Ein biologischer Rasen, wie er aus den Tropfkörpern von Klärwerken bekannt ist, und wo z. B. Millionen von Psychodiden an der Beseitigung

organischen Materials beteiligt sind, kommt auf den Rieselfeldern nicht zustande. Ein Wegtransport von organischer Masse findet nur auf den Trockenbeeten durch die Dipteren statt, deren Larven sich ja von der Substanz ernähren und nach ihrer Entwicklung in großen Scharen davonfliegen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß vom bodenzoologischen Standpunkt aus die Verhältnisse auf den Rieselfeldern z. T. recht ungünstig sind. Die Schädigung der Tiere durch die starke Belastung des Bodens mit Abwasser ist außerordentlich groß. Eine gemäßigte Berieselung würde sich bedeutend günstiger auswirken. Die besonderen Verhältnisse auf den Trockenbeeten lassen nur eine Monotonfauna, bestehend aus wenigen Arten, zu. Diese Gebiete stehen ökologisch gesehen zwischen typischen Jauchegruben und Dunghaufen, was durch die Besiedlung mit bestimmten Arten (s. Milben u. Fliegen) zum Ausdruck kommt. Der Trockenschlamm müßte eigentlich noch länger auf den Beeten lagern, besser kompostiert werden. Es wären dann günstigere Verhältnisse für eine Besiedlung mit einer artenreicheren Fauna gegeben.

8. Zusammenfassung

1. Während der Untersuchung, die von März 1960 bis November 1961 dauerte, wurden folgende Rieselfeldparzellen bearbeitet:
a) Ganzjährig berieselte Wiesenparzellen
b) Halbjährig berieselte Ackerparzellen (Rüben)
c) Ein-, zwei- und dreijährige Schlammtrockenbeete
d) Unberieselte Wiesenflächen
e) Unberieselte Ackerflächen (Weizen)

2. Es wurden 507 Bodenproben von je 100 ccm entnommen, die in einem modifizierten Berleseapparat zum Austrocknen gebracht wurden. Die dabei erhaltene Gesamtzahl an Kleinarthropoden betrug 49 465. Gefunden wurden (die folgenden) 46 Arten:

Milben:
Neuteria breviunguiculata (Will.)
Caloglyphus michaeli (Oud.)
Macrocheles merdarius (Berl.)
Alliphis siculus (Oud.)
Zygoribatula frisiae (Oud.)
Eugamasus fimetorum (Berl.)
Scutacarus longitarsus Berl.
Histiosoma sapromycarum (Dufour)

Collembolen:
Lepidocyrtus cyaneus Tullb.

Isotomodes productus (Axelson)
Tullbergia krausbaueri (Börner)
Folsomia fimetaria (L.)
Proisotoma minuta (Tullb.)
Hypogastura purpurescens (Lubock)
Neanura muscorum (Templeton)
Coleopteren:
Harpalus griseus (Panz.)
Anisodactylus binotatus (F.)
Aphodius subterraneus (L.)
Aphodius fimetarius (L.)
Silpha obscura L.
Cercyon impressus (Leach)
Trogophloeus bilineatus (Steph.)
Trogophloeus rivularis (Motsch)
Trogophloeus pusillus (Grav.)
Plathystethus cornutus (Grav.)
Oxytelus rugosus (F.)
Leptacinus batychrus (Gyll.)
Acrotrichis intermedia (Motsch.)
Dipteren:
Pseudosmittia simplex (Strenzke)
Culex pipiens S.
Stratiomyiden-Larven
Eristalomyia tenax L.
Eristalis arbustorum L.
Eristalis nemorum L.
Tubifera pendula L.
Syritta pipiens L.
Scopeuma sterocarium L.
Tendipedinae
Empididae
Cypselidae
Scatopse brevicornis Meig.
Ceroxys urticae L.
Themira putris L.
Forcipomyia spec.
Lonchaea chorea Fabr.
Hylemyia variata Fall.

Die Nematoden und Lumbriciden wurden nur quantitativ untersucht.

3. Die Berieselung wirkte sich sowohl auf den Boden wie auch auf dessen Tierwelt äußerst negativ aus, und zwar vornehmlich aus zwei Gründen:

a) Der Wiesenboden war stark zusammengeschwemmt. Das Porenvolumen und damit die Luftkapazität waren sehr gering. Die Kleinarthropoden konnten vielfach nur die obersten Schichten (8—10 cm) besiedeln. Sie wurden auch direkt durch das Klärwasser geschädigt.

b) Im Ackerboden, der nur im Winterhalbjahr berieselt wurde, schädigte der Frost die Bodenarthropoden zusätzlich stark.

4. Die Lumbriciden wurden durch das Abwasser völlig aus dem Wiesenboden getrieben. In den Ackerböden konnten nur wenige Exemplare und Arten festgestellt werden.

5. Auf den berieselten Wiesen wurden nur 5 Collembolen- und 5 Milbenarten regelmäßig gefunden. In den berieselten Ackerböden lebten 7 Collembolen- und 4 Milbenarten. Auf den entsprechenden unberieselten Vergleichsflächen waren es 4 Collembolen- und 5 Milbenarten, bzw. 5 Collembolen- und 3 Milbenarten.

Die unberieselten Untersuchungsgebiete waren äußerst sandig und trocken und stellten ihrerseits besondere Bedingungen an die Bodentiere. Aus diesem Grund ergab sich bei einem Vergleich der Artenzahlen auch kein großer Unterschied, wie er vielleicht bei normalen, guten Ackerböden aufgetreten wäre.

6. Die Schlammtrockenbeete stellten einen stark spezialisierten Lebensraum dar. Die sehr feuchten, einjährigen Trockenbeete wurden zuerst von Dipteren und Käferlarven sowie von Milben besiedelt. Die Collembolen wanderten erst im zweiten Jahr zu. Die höchste Entfaltung zeigten die Kleinarthropoden im dreijährigen Trockenbeet. Es handelte sich, den extremen Umweltfaktoren entsprechend, um eine ausgeprägte Monotonfauna (geringes Artenspektrum). Die Nematoden traten in den einjährigen Trockenbeeten häufig bis massenhaft auf, sie nahmen dann in den zwei- und dreijährigen zusehens ab. Lumbriciden waren in den Beeten nicht festzustellen.

7. Eine große besiedlungshemmende Rolle spielte auf den Trockenbeeten wohl der starke Gehalt an Ammoniak- und Schwefelwasserstoff. Trotzdem drangen einige Milben- und Collembolenarten bis zu 30 cm in das Substrat ein.

8. Die Berieselung der Wiesen und Äcker schädigt, im Gegensatz zu den Trockenbeeten, die Bodentierwelt außerordentlich. Eine Besiedlung kann hier nur in begrenztem Maße aufrechterhalten werden. Die Parzellenränder spielen als Tierreservoir und -refugium dabei eine große Rolle.

9. Bei einem Vergleich mit anderen Biotopen zeigte sich, daß die Zahlen der Tierarten und -individuen in den Rieselfeldböden (Wiese und Acker) weit unter denen der anderen Böden lagen. Auf den Trockenbeeten hingegen übertrafen die Individuenzahlen gerade bei

den Milben und Collembolen, aber auch bei den Dipteren, die Ergebnisse anderer Autoren.

10. Diskutiert wurde die Frage über die Mitwirkung der Bodentiere an der Reinigung des Klärwassers und dem Abbau organischer Substanz.

Summary

During the study from March 1960 to November 1961 the following irrigation fields were examined:

a) Meadow allotments irrigated the whole year
b) Arable land irrigated half a year (turnips)
c) Sludge drying beds of one, two, and three years
d) Non-irrigated meadows
e) Non-irrigated arable land (wheat).

507 soil samples of 100 ccm were taken and prepared for drying up in a modified Berlese apparatus. The total number of small arthropodes obtained was 49 465. 46 different species were found.

Irrigation was of negative effect for the soil as well as for the animals mainly because of the following two reasons:

a) The meadow soil was largely floated together. Pore space and thus air capacity were extremely low. The small arthropodes could frequently only invade the top layers (8 to 10 cm). They were furthermore directly damaged by the clearing water.

b) In arable soil, only irrigated during the winter half-year, the frost was of additional damage for soil arthropodes.

Lumbricides were completely dispersed by the sewage from the meadow soil. Only a few species could be observed in arable soil.

Only 5 species of collemboles and 5 sorts of mites were regularly found in irrigated meadows. 7 sorts of collemboles and 4 mite species lived at irrigated arable soils. The appropriate non-irrigated control fields resulted in 4 sorts of collemboles, 5 sorts of mites, respectively 5 sorts of collemboles and 5 mite species.

These non-irrigated fields of study were extremely dry and sandy, representing thus special living conditions for the animals.

A comparison of the number of species showed therefore no great difference as may have been expected in the case of a normal good arable soil.

The sludge drying beds represented a highly specialized environment. The most humid one year drying grounds were at first invaded by dipterons and grubs as well as mites. Collemboles invaded the soil only during the second year. The highest small arthropod development was observed in the drying ground of three years, representing accord-

ing to extreme environmental factors a distinct monotonous fauna (low variety of species). Nematodes occurred in the one year drying grounds in great numbers or in swarms, while there was an obvious decrease in drying grounds of two or three years. Lumbricides were not observed.

Of great life obstructing importance at drying grounds was obviously the high ammonia and hydrogen sulfide content. Some mites and collemboles invaded the substrate nevertheless up to 30 cm.

Contrary to drying grounds, the irrigation of meadows and arable land is of great damage for the soil fauna. Life is only possible to a limited extent. Allotment borders play an important role as animal reservoirs or refuses.

A comparison with other biotopes showed that the number of animal species and individuals in irrigation soils (meadows and fields) was far below that of other soils. In drying grounds the number of individuals found exceeded especially with regard to mites, collemboles as well as dipterons the results of other authors.

Literaturverzeichnis

Balogh, J. (1938): Vorarbeiten zu einer quantitativen Auslesemethode für die bodenbewohnenden Gliedertiere. Zoolog. Anz. 123, 60—64.

Boness, M. (1958): Biocoenotische Untersuchungen über die Tierwelt von Klee und Luzernefeldern. (Ein Beitrag zur Agrarökologie.) Z. Morph. Ök. 47, 309—373.

Brauns, A. (1954): Terrikole Dipterenlarven.

— (1954): Puppen terrikoler Dipterenlarven.

— (1954): Die Beteiligung bodenlebender Zweiflüglerlarven an der Bildung koprogener Humuselemente. Z. angew. Zoologie, Bd. 3, 233—241.

Dowdy, W. W. (1944): The influence of temperature on vertical migration of invertibrates inhabiting different soil types. Ecology, 25, 449—460.

Eckert, I. (1951): Über das Vorkommen und Leben atmophytischer Algen auf Rieselfeldern. Dissertation, Humboldt-Univ. Berlin.

Ehrendhardt, H. (1956): Beitrag zur Gewinnung von Kleintieren aus Böden mit Hilfe eines verbesserten Ausleseapparates. Z. f. angew. Ent. 38, 475—478.

Fink, A. (1952): Ökologische u. bodenkundliche Studien über die Leistungen der Regenwürmer für die Bodenfruchtbarkeit. Z. f. Pflanzenernährung 58 (120 S.).

Forsslund, K. H. (1943): Studien über die Tierwelt des nordschwedischen Waldbodens. Medd. fran Statens Skogsforskuingsinstitut 34, 283 S.

Franz, H. (1944): Bodenzoologie als Forschungszweig der Bodenkunde. Bodenkundl. Forschungen, 8, 129—145.

— (1953): Der Einfluß verschiedener Düngungsmaßnahmen auf die Bodenfauna. Angew. Pflanzensoziologie, H. 11, S. 1—50.

— (1954): Die Verschmelzung von Bodenkunde u. Ökologie in der wissenschaftlichen Erfassung des Gesamtstandortes. Angew. Pflanzensoziologie (Festschrift Aichinger, H. 1, 255—272).

Frenzel, G. (1936): Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens. Jena, 130 S.

Geiger, R. (1942): Das Klima der bodennahen Luftschicht. Die Wissenschaft, Bd. 78, 2. Aufl., Braunschweig, XVI u. 435 S.

Gilyarow, M. S. (1939): The soil fauna and the life of the soil. Pedology 6, 3—15.

Gisin, H. (1942): Die Bedeutung der Collembolen in der Erforschung terrestr. Lebensgemeinschaften. Verh. d. Schweiz. Naturfr. Gesellschaft, 139—140.

— (1944): Hilfstabellen zum Bestimmen der holarktischen Collembolen. Verh. d. Schweiz. Naturfr. Gesellschaft, Basel, 55, 130 S.

— (1948): Allgem. Bemerkungen zur Auswertung der Untersuchungen über die Mikrofauna der Böden. In: W. Lüdi, Die Pflanzenges. der Schynigen Platte bei Interlaken und ihre Beziehung zur Umwelt. Veröff. Geobot. Institut, Rübel, Zürich, 23. Heft.

Graff, O. (1953): Bodenzoologische Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung der terricolen Oligochaeten. Z. f. Pflanzenernährung 61, 72 S.

Günhold, P. (1957): Untersuchungen über den Einfluß der Gülledüngung auf die biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens. I. Der Einfluß der Gülle auf das Bodenleben. Z. f. Pflanzenernährung 78, S. 75.

Gusenleitner, J. (1959): Versuche über den Einfluß von Düngemitteln auf die Bodentierwelt von Grünland. Landwirtsch. chem. Versuchsanstalt Linz/D. Festschrift LX/4, S. 155—170.

Haarlo, N. (1947): A new modification of the Tullgren Apparatus. Journ. of animal ecology, 16, 115—121.

Höller, G. (1959): Die Wirkung der Klärschlammrotte auf die Bodenmilben. Z. angew. Entomologie, Bd. 44, 405—424.

Höller-Land, G. (1959): Über die Besiedlung des Bodens mit Collembolen bei Düngung mit verschieden behandeltem Klärschlamm. Z. angew. Entomologie, Bd. 44, 425—444.

Herbke, G., Dr.; Dr. G. Höller; Dr. G. Höller-Land und Dr. D. E. Wilcke, (1962): Die Beeinflussung der Bodenfauna durch Düngung. Monographie z. angew. Entomologie (Beihefte z. Z. f. angew. Ent. Nr. 18).

Karg, W. (1960): Untersuchungen über edaphische Gamasiden (Acarina, Parasitiformes) im Rahmen besonderer phytopatologischer Probleme. Tagungsberichte Nr. 29, Biolog. Zentralanstalt, Berlin-Kleinmachnow.

— (1962): Das Verhältnis von biocönologischen, autökologischen und morphologischen Arbeitsmethoden in der Bodenzoologie. Abh. u. Ber. Naturkundemuseum Görlitz, Bd. 37, H. 2.

Kevan, D. K. Mc E. (1962): Soil Animals.

Knülle, W. (1957): Die Verteilung der Acari (Oribatei) im Boden. Z. Morph. Ök. 46, 397—432.

Kolkwitz, R. und F. Tödt, (1941): Einfache Untersuchungen von Boden und Wasser.

Kreuz, A. (1938): Handbuch der landwirtschaftlichen Abwasserverwertung.

König, J. und H. Lacour (1915): Die Reinigung städtischer Abwässer in Deutschland nach den natürlichen biologischen Verfahren. Landwirtschaftliche Jahrbücher.

Krüger, F. (1926): Biologie und Morphologie einiger Syrphidenlarven. Z. Morph. Ök. 6, 83—149.

Kühnelt, W. (1940): Aufgaben und Arbeitsweise der Ökologie der Landtiere. Der Biologe, IX (H. 4), 108—117.
— (1942): Über die Beziehungen zwischen Tier- und Pflanzengesellschaften. Biologia generalis 17, 566—593.
— (1943): Die Leitformmethode in der Ökologie der Landtiere. Biologia generalis 17, 106—146.
— (1948): Mikroskopie der Bodentiere. Mikroskopie 3, 120—128.
— (1949): Physiolog. Besonderheiten der Bodentiere. XIII. Congr. intern. der Zoologie (Paris 1948).
— (1950): Bodenbiologie. Mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt. Verlag Herold, Wien.
— (1950): Die Tierwelt des Bodens in ihrer Abhängigkeit vom Standort. Die Bodenkultur, III.
— (1958): Die Tierwelt der Landböden in ökologischer Betrachtung. Verh. Dtsch. Zoolog. Ges. Graz 1957. Zoolog. Anz. Suppl. 21, 39—103.
— (1960): Der Wasserhaushalt des Bodens als entscheidender Faktor für seine tierische Besiedlung. Zool. Anz. Suppl. 24, 307—315.
Krickmann, E. (1955): Die Untersuchung von Böden (Methodenbuch).
Lemmermann, O. (1932): Untersuchungen des Bodens. Methoden. Z. Pflanzenern. Düng. u. Bodenk., 1. Beiheft, 90 S.
Mail, G. (1930): Winter soil temperatures and their relation to subterrenean insect survival. J. agricult. Research, 41, 571—592.
Mitscherlich (1952): Bodenkunde, Berlin.
Mrohs, E. (1961): Die Tierbesiedlung des Kompostes bei Zusatz verschiedener anorganischer Düngemittel im Flachkompostverfahren nach P. Augustin Hessing. Z. f. angew. Ent., Bd. 48, H. 4.
Mudra, A. (1952): Einführung in die Methodik der Feldversuche.
Müller, G. und F. Naglitsch (1957): Vergleichende Prüfung bodenzoologischer Auslesemethoden für Kleinarthropoden. Zoolog. Jahrb. (Syst.), 85, 177—210.
Murphy, P. W. (1962): Progress in Soil Zoology.
Nosek, J. (1962): Aufgaben der Erforschung der primär-flügellosen Insekten. Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz, 37. Bd., 2. Heft.
Overgaard-Nielsen, C. (1947): Freeliving Nematodes and soil Microbiology.
— (1947/48): An apparatus for quantity extraction of Nematodes and Rotifers from soil and moss. Natur gotlandica 1, 273—277.
— (1949): Studies on the Soil Microfauna II. The soil inhabiting Nematodes Fauna Jutlandica 2, 1—131.
Ronde, G. (1954): Zur Auslesemethode der Waldboden-Kleinfauna. Z. f. angew. Ent. 36, 363—365.
Sauerlandt, W. und M. Marzusch-Trappmann (1959): Der Einfluß der organischen Düngung auf die Besiedlungsdichte der Enchytraeiden im Ackerboden. Z. f. Pflanzenern. 86 (131), H. 3, 250—256.
Schaerffenberg, B. (1939): Untersuchungen über die Coleopteren u. Dipterenfauna des Weidebodens. Z. f. angew. Ent. 26, 536—544.
— (1943): Untersuchungen über die Einwirkung des Wassers auf verschiedene Bodentiere. Zoolog. Anz. 144.
Schaller, F. (1950): Biolog. Beobacht. an humusbildenden Bodentieren, insbesondere Collembolen. Zoolog. Jahrbuch (Syst.), 78, 506—525.
— (1962): Die Unterwelt des Tierreichs. Verständliche Wissenschaft, Bd. 78.

Schimitschek, E. (1937): Einfluß der Umwelt auf die Wohndichte der Milben und Collembolen im Boden. Z. ang. Ent. 24, 216—247.
Soil-Zoology (1955): Proceeding of the University of Nottingham, Second Easter School in Agricultural Science.
Stöckli, A. (1950): Über die quantitative Bestimmung der Bodennematoden. Z. f. Pflanzenern. 51, H. 1.
— (1952): Studien über Bodenmethoden mit besonderer Berücksichtigung des Nematodengehaltes von Wald-, Grünland- und ackerbaulich genutzten Böden. Z. f. Pflanzenern. 59, 97 S.
Strenzke, K. (1947): Untersuchungen über die Tierwelt feuchter Böden. Forsch. u. Fortschr. 21—23, Nr. 10, 11, 12.
— (1949): Ökolog. Studien über die Collembolengesellschaften. Ostholstein. Archiv für Hydrobiologie, 42, 201—303.
— (1949): Die biozönotischen Grundlagen der Bodenzoologie. Z. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk., 45 (90), 245—262.
Wilke, D. (1955): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Analyse des Regenwurmbesatzes bei zoologischen Bundenuntersuchungen. Z. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk., 68 (113), 44—49.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Horst Kowalsky, Berlin-Tempelhof, Wolframstraße 73

Lebenslauf

Am 9. Mai 1935 wurde ich, Horst Kowalsky, als Sohn des Stadtoberinspektors Hans Kowalsky und seiner Ehefrau Irma Kowalsky, geb. Seehafer, in Berlin geboren.

Im Jahr 1941 wurde ich in Berlin-Tempelhof eingeschult. Durch die Evakuierung im Sommer 1943 mußte ich mehrmals die Schule wechseln.

Vom Herbst 1945 an besuchte ich die Askanische Schule in Berlin-Tempelhof, an der ich im Februar 1954 das Abitur bestand.

Im Sommersemester 1954 begann ich an der Freien Universität Berlin das Studium der Zoologie. Meine Lehrer waren für das Fach Zoologie Prof. Dr. Ulrich, Prof. Dr. Herter, Prof. Dr. Günther, Prof. Dr. Kemper, Prof. Dr. Urich für das Fach Allgemeine Biologie und Genetik Prof. Dr. Nachtsheim und Prof. Dr. Lüers und für das Fach Botanik Prof. Dr. Drawert, Prof. Dr. Werdermann, Prof. Dr. Eckardt und Dr. Schulze. Veterinärmedizinische Vorlesungen hörte ich bei Prof. Dr. Schmidt-Hoensdorf, Chemie bei Prof. Dr. Lorenz und Prof. Dr. Lautsch, Physik und Physikalische Chemie bei Prof. Dr. Lassen und Prof. Dr. Uebereiter, Mathematik bei Prof. Dr. Vetter und Dr. Engel. Vorlesungen in Geographie hörte ich bei Prof. Dr. Dr. Schultze, Prof. Dr. Jensch und Prof. Dr. Richter, philosophische Vorlesungen bei Prof. Dr. Kanthack und Prof. Dr. Weischedel.

Während des 6. Semesters bestand ich die Vordiplomprüfung in den Fächern Zoologie, Botanik, Chemie und Physik. Im Jahre 1959 machte ich das Staatsexamen in den Fächern Zoologie, Botanik, Chemie und Philosophie.

Im Frühjahr 1960 überließ mir Prof. Dr. Kemper das Thema für meine Dissertation. Meine Arbeit entstand im Institut für Wasser-Boden-Lufthygiene (Bundesgesundheitsamt) in der Abteilung Prof. Dr. Kempers.

Berlin, den 24. April 1963